
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01297073 7

INTRODUCTION A L'ÉTUDE

DE LA

PALÉONTOLOGIE

STRATIGRAPHIQUE

LIBRAIRIE F. SAVY

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE M. D'ARCHIAC

Introduction à l'étude de la Paléontologie stratigraphique. Cour professé au Muséum d'histoire naturelle. Paris, 1862-64. 2 vol. in-8 de 500 p., ave figures dans le texte et cartes coloriées. . . . . 16 fr

Le 1er volume renferme l'*Histoire de la Paléontologie stratigraphique.* M. d'Archiac fait tour à tour l'histoire de la paléontologie dans l'antiquité, au moyen âge, en France, dans l'Italie, les Alpes et la Suisse, la Bavière, le Wurtemberg, le Cobourg, la Pologne, la Russie et la Silésie, le centre de l'Europe, de l'Allemagne, et les deux Amériques, etc., etc. Ce volume peut servir de Bibliographie paléontologique.

Le tome II traite des *connaissances générales qui doivent précéder l'étude de la paléontolog stratigraphique et des phénomènes organiques de l'époque actuelle qui s'y rattachent.* — Origine de êtres; De l'espèce: M. Darwin; Classification géologique; Distribution des vertébrés terrestre Distribution des animaux aquatiques; Lignes isocrymes; Distribution des êtres organiques; Distribution des végétaux; Iles et récifs de Polypiers; Organismes inférieurs; Gisements princi paux; Preuves de l'existence de l'homme; Restes d'industrie humaine; Habitations lacustres Ouvrages en terre de l'Amérique du Nord; Fossilisation.

Les matières traitées par M. d'Archiac n'ont donc été publiées jusqu'à ce jour dans aucun ouvrage de Paléontologie. Cet ouvrage peut être considéré comme le complément de tous les traités de Paléontologie, il se rattache en outre, par la méthode, à l'*Histoire des progrès de la Géologie*, du même auteur.

Histoire des progrès de la Géologie de 1834 à 1860, publiée par la Société géologique de France, sous les auspices de M. le Ministre de l'instruction publique. Paris, 1847-1860. 8 vol. grand in-8, en 9 parties.

Tome I.	Cosmogonie et Géogénie. — Physique du globe. — Géographie physique. — Terrain moderne	»	»
Tome II.	*Première partie.* — Terrain quaternaire ou diluvien.	5	»
Tome II.	*Deuxième partie.* — Terrain tertiaire.	8	
Tome III.	Formation nummulitique. — Roches ignées ou pyrogènes des époques quaternaire et tertiaire	8	

Voir d'Archiac et Haime : *Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde.*

Tome IV.	Formation crétacée, *première partie*, avec planches.	8	
Tome V.	Formation crétacée, *deuxième partie*.	8	»
Tome VI.	Formation jurassique, *première partie*, avec planches	10	»
Tome VII.	Formation jurassique, *deuxième partie*, avec planches.	8	»
Tome VIII.	Formation triasique.	8	»

Du Terrain quaternaire et de l'Ancienneté de l'Homme. Leçons professées au Muséum, recueillies et publiées par M. Eugène Trutat. Paris, 1863. 1 vol. in-8. 1 fr. 50

En collaboration avec Jules HAIME. Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde, précédée d'un résumé géologique et d'une monographie des nummulites. Paris, 1853-54. 2 vol. in-4 avec 36 planches de fossiles. 60

Le tome II se vend séparément . . . . [illegible]

L'ouvrage de MM. d'Archiac et Jules Haime forme le complément nécessaire du tome III de l'*Histoire des progrès de la Géologie.*

Le tome I comprend la Monographie des Nummulites avec la description des Polypiers et des Échinodermes de l'Inde.

Le tome II, les Mollusques Bryozoaires, Acéphales, Gastéropodes, Céphalopodes, Annélides et Crustacés.

Carte géologique de l'Aisne. 1 feuille coloriée. . . . . 3 fr.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

INTRODUCTION A L'ÉTUDE

DE LA

PALÉONTOLOGIE

STRATIGRAPHIQUE

COURS PROFESSÉ AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

PAR

A. D'ARCHIAC

MEMBRE DE L'INSTITUT

TOME PREMIER

PRÉCIS DE L'HISTOIRE DE LA PALÉONTOLOGIE STRATIGRAPHIQUE

PARIS

F. SAVY, ÉDITEUR

[illegible]E DES SOCIÉTÉS GÉOLOGIQUE ET MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE

24, RUE HAUTEFEUILLE, 24

—

MDCCCLXIV

AVERTISSEMENT.

Un livre qui serait la reproduction littérale d'un cours serait un livre mal fait, de même qu'un cours qui serait l'expression orale du texte d'un livre, serait froid et de peu d'intérêt. Il y a, quant à la forme à donner à ces deux manières d'exposer les mêmes choses et les mêmes idées, des principes différents dont chacun peut se rendre compte, et qu'il ne faut pas oublier lorsqu'on veut passer de l'une à l'autre.

On doit, dans les leçons, ajouter des détails qui seraient superflus ailleurs et rappeler parfois des généralités que les auditeurs peuvent n'avoir pas toujours présentes à la mémoire; il faut suppléer à la réflexion, dont ils n'ont pas le temps, par des

développements plus étendus; il faut mettre sous leurs yeux la plupart des objets dont on parle et en compléter la description par des figures tracées sur le tableau; il faut relier le commencement de chaque leçon à la fin de celle qui l'a précédée et donner à l'exposition du sujet une allure moins régulière, moins compassée, mais plus libre, plus spontanée, plus variée et plus animée que ne pourrait l'être la lecture du livre le mieux écrit.

Celui-ci, au contraire, doit être plus suivi et plus méthodique dans sa marche, et toutes ses parties seront plus sévèrement liées et coordonnées, sans digressions superflues, sans répétitions, le lecteur étant supposé instruit de tout ce qu'il doit savoir. De sorte que, en résumé, il ne faut point écrire comme on parle, ni parler comme on écrit, si l'on veut intéresser au même degré le lecteur et l'auditeur sur un sujet donné.

Par ces motifs, nous rejetterons ici la division en leçons, quelquefois suivie dans des circonstances analogues, mais qui offre à la lecture les mêmes inconvénients que les ouvrages par lettres. Les diverses parties d'un sujet, comme les divers sujets entre eux, seront donc réunis suivant leurs vrais rapports, sans égard pour les coupures

qu'exige le temps nécessairement limité de chaque leçon.

Le livre que nous publions aujourd'hui, tout en étant la reproduction fidèle de ces dernières, n'en est point cependant un calque sténographié; il en représente les idées et les faits dans leur disposition générale et leur enchaînement successif, mais il se conforme, autant que la nature du sujet le permet, aux principes dont les ouvrages de science ne doivent pas s'affranchir plus que les autres.

DISCOURS D'OUVERTURE.

— 12 MARS 1862 —

MESSIEURS,

L'examen attentif des roches ou substances pierreuses qui composent la partie connue de l'écorce terrestre a depuis longtemps montré qu'elles pouvaient être rangées dans deux grandes classes, suivant leur origine. Les unes se sont formées au-dessous de la surface du sol, émergé ou non, qu'elles ont même constitué d'abord, les autres au-dessus de cette surface. Les premières ont été dans un état qui a permis une cristallisation plus ou moins parfaite de leurs éléments constituants ; elles n'affectent point de disposition en couches suivies, mais forment des masses considérables, plus ou moins irrégulières. Les secondes, résultant en grande partie de la décomposition et de la désagrégation des précédentes, ont été déposées au fond des mers ou des lacs, en bancs ou en strates horizontaux et comme des sédiments de diverses natures. Origine des roches.

Les roches cristallines ou d'origine ignée, qui n'ont pas cessé de s'élever à la surface pendant que les roches sédimentaires se formaient sous les eaux, ne renferment aucune trace de la vie ou de débris organiques, tandis que ces dernières en offrent presque constamment. Or, le but de ce Cours étant de faire connaître les corps organisés enfouis dans les couches de la terre, nous n'aurons à nous occuper que des roches de la seconde classe, celles qui se sont déposées dans les eaux douces ou salées.

Définitions.

Le mot *paléontologie*, composé de παλαιῶν ὄντων λόγος, signifie littéralement : *discours sur les êtres anciens*. Il comprend par conséquent la connaissance des animaux anciens, que nous désignerons sous le nom de *paléozoologie*, et celle des végétaux anciens, à laquelle nous appliquerons celui de *paléophytologie*. Pour la commodité du langage nous emploierons d'une manière générale le mot *fossile*, soit substantivement, soit adjectivement, pour tous les *corps organisés* ou *toutes les traces reconnaissables de corps organisés* rencontrés dans les couches de la terre. Nous aurons d'ailleurs occasion de revenir plus tard sur cette définition.

La paléontologie peut être envisagée sous des points de vue très-différents et en quelque sorte indépendants les uns des autres.

Point de vue zoologique et botanique.

Le plus anciennement étudié de ces divers aspects de la science, celui qui devait en effet se présenter le premier à l'esprit des observateurs, est la comparaison des êtres organisés anciens avec ceux qui vivent encore sous nos yeux, soit dans les mers, les lacs et les rivières, soit à la surface des continents et des îles. C'est ce que nous appellerons le *point de vue zoologique et botanique*. Cette

comparaison peut, on le conçoit, conduire à des résultats d'un vif intérêt sur les rapports et les différences des animaux et des végétaux, sur la série générale des uns et des autres, dont certaines lacunes peuvent se trouver ainsi comblées, etc.

Point de vue stratigraphique.

Le second point de vue de la paléontologie consiste à la regarder comme *la connaissance des êtres organisés fossiles étudiés dans leurs rapports avec l'ancienneté des couches de la terre qui les renferment* (1).

Cette étude est ainsi une branche de l'histoire naturelle, composée d'éléments empruntés les uns à la zoologie et à la botanique, les autres à la géologie ; ce sont des parties de deux sciences appliquées à une troisième, de sorte qu'au premier abord celle-ci semble n'avoir rien en propre. De même que le zoologiste et le botaniste cherchent à se rendre compte de la distribution des animaux et des plantes de nos jours à la surface du globe, de même le paléontologiste s'attache à déterminer la répartition des êtres organisés anciens dans les couches de la terre ; avec cette différence cependant fort importante, que les premiers ne considèrent les corps vivants que dans l'espace, tandis que le second considère les corps fossiles à la fois dans l'espace et dans le temps.

La grande extension qu'a prise cette partie des sciences

(1) On ne doit pas perdre de vue qu'il a fallu que la géologie proprement dite fût déjà assez avancée pour qu'on obtînt ce résultat ; il fallait, en effet, avoir constaté que l'enveloppe de la terre était composée de couches superposées, par conséquent successives ou d'âge différent, pour reconnaître le rapport indiqué. On est quelquefois disposé à intervertir l'ordre des idées et à caractériser les couches par leurs fossiles, ce qui n'est vrai que parce que la suite naturelle ou la superposition de ces mêmes couches a été préalablement établie sur d'autres points que ceux que l'on considère.

naturelles dans ces derniers temps, on pourrait même dire sa popularité, vient de ce qu'elle est l'auxiliaire de toutes les recherches géologiques dirigées sur les roches d'origine sédimentaire. Sans cette circonstance la paléontologie n'existerait pas; elle n'aurait pas sa raison d'être, car elle rentrerait tout entière dans le domaine de la zoologie et de la botanique; il n'y aurait aucun motif rationnel ou tiré de la nature même des choses pour séparer de l'étude des êtres actuellement vivants celle des êtres qui les ont précédés d'un siècle, de vingt siècles, de mille siècles, etc.

Aussi fallait-il, pour qu'elle méritât d'en être distinguée, qu'elle conduisît à des lois d'une importance telle qu'elles lui donnassent une individualité propre, par cela même qu'elles ne pouvaient être déduites de considérations d'un autre ordre, et que, réunies, elles constituassent un corps de doctrine. C'est ce qui est arrivé, et, du moment où l'on eut constaté, sur divers points du globe, un rapport intime et constant entre l'âge ou la position d'une couche donnée et les formes organiques qu'elle contient, on put dire avec toute raison que l'on avait découvert un des plus grands principes, une des lois les plus fécondes de la philosophie de la nature.

Jusque-là les naturalistes étudiaient les fossiles en eux-mêmes ou par rapport aux êtres vivants; les géologues faisaient des théories dans leur cabinet, ou bien examinaient minutieusement les caractères minéralogiques et pétrographiques des roches en place, hasardant, de temps à autre, quelques hypothèses sur leurs relations et leur mode de formation. Le plus petit nombre d'entre eux avait bien reconnu çà et là une série de phénomènes suc-

cessifs, mais le moyen d'y établir un ordre chronologique général leur échappait. Chaque étude se faisait isolément, et l'on ne soupçonnait ni leurs relations, ni les secours qu'elles pouvaient se prêter mutuellement. Elles marchaient comme deux fleuves qui courent parallèlement sans mélanger leurs eaux, mais qui, s'ils viennent à se réunir, voient doubler leur volume, leur rapidité et leur force.

Dès que cette corrélation entre les caractères des végétaux et des animaux et l'ancienneté des couches fut démontrée, le pacte d'alliance fut signé entre les trois règnes, et pour chacun d'eux se révélèrent bientôt des horizons inattendus et des richesses inespérées. Sans cet heureux concours, en effet, la géologie fût restée un champ toujours ouvert aux hypothèses, ou une science bornée à des faits de détail, car la stratigraphie seule, quoique la base fondamentale de la géologie, eût été impuissante pour une reconstruction théorique complète de l'histoire de la terre. De son côté, l'étude des fossiles n'aurait fait qu'augmenter le nombre des familles, des genres et des espèces connus à l'état vivant, comblant çà et là quelques lacunes dans la série des êtres; l'histoire de chaque règne fût donc restée toujours isolée, sans lien commun, tandis qu'aujourd'hui la géologie, la zoologie et la botanique apportent chacune le tribut de leurs matériaux au grand édifice de la nature, et la paléontologie, en les reliant entre eux, vient en poser le couronnement.

Cette dernière science met ainsi à la disposition du géologue le seul chronomètre qui puisse lui servir à mesurer les âges de la terre. Aucun des moyens que l'homme a inventés pour évaluer la durée du temps ne pouvait s'ap-

pliquer à des périodes dont nos siècles ne représentent pas même un des jours. Si d'ingénieux instruments nous permettent d'apprécier la vitesse du son, la vitesse de la lumière et même celle de l'électricité, nous sommes encore à trouver un pendule dont les oscillations soient assez lentes pour mesurer le temps qui s'est écoulé depuis que ces poissons peuplaient les eaux, depuis que ces plantes couvraient la terre. Mais, de même que l'astronome armé du plus puissant télescope ne parvient pas à atteindre les limites insondables des espaces célestes, le géologue, à l'aide des fossiles, peut difficilement encore se faire une idée de l'immensité des périodes qu'ils lui représentent.

L'histoire de la vie à la surface du globe ou la *paléobiologie*, depuis les premiers rudiments de l'organisme animal et végétal jusqu'à nos jours, embrasse la connaissance de ces formes innombrables qui se sont succédé et remplacées graduellement, sans interruption complète et sans jamais se répéter dans leur ensemble. Aussi notre imagination, en face de ce tableau, n'est-elle pas moins frappée de la grandeur des temps dont ces générations sont la preuve que de l'inépuisable fécondité du principe qui les a diversifiées.

Ajoutons encore que si jamais le problème de la vie vient à être résolu, même partiellement, ce ne sera que par l'intermédiaire de la paléontologie. Si d'une part, en effet, elle n'est point opposée à la fixité des caractères spécifiques, à la stabilité des espèces animales et végétales dans certaines limites, de l'autre elle nous apprend ce que ni le scalpel le plus délicat ni le microscope le plus puissant ne pourraient nous révéler, savoir, que cette sta-

bilité n'entraîne pas nécessairement la perpétuité, et que, loin de là, non-seulement les espèces, mais encore beaucoup de genres et même des familles entières se sont éteints pour être remplacés par d'autres qui ont disparu à leur tour, et constituer ainsi l'évolution successive de toutes les formes dont nous aurons à rechercher les lois.

La paléontologie a, plus qu'aucune autre science, le droit de sonder le mystère de l'origine des êtres, parce qu'elle étudie la question avec ses vrais éléments, parce que seule elle est assez près de la nature pour soulever le voile qui la couvre, si toutefois il est permis à l'homme d'atteindre ce but. Y aura-t-il, en effet, un Newton pour les lois de la vie comme il y en a eu un pour appliquer le principe général qui régit la matière, cette gravitation universelle, la plus grande idée, après celle de Dieu, qui soit jamais entrée dans l'esprit humain? C'est ce que l'avenir seul nous apprendra. Jusqu'à présent nous ne sachions pas, malgré bien des prétentions, qu'aucun précurseur sérieux, qu'aucun Képler, qu'aucun Galilée ait encore apparu dans cette direction.

Point de vue physique.

Un troisième point de vue sous lequel peuvent être envisagés les fossiles, point de vue plus théorique que les précédents en ce qu'il repose sur des analogies et des inductions plutôt que sur des observations directes, est celui qui consiste à chercher les relations qui ont pu exister entre l'état physique du globe et les êtres qui se sont développés à sa surface, l'influence probable des modifications de l'un sur les caractères des autres, de manière à relier en quelque sorte les lois physiques à celles qui ont présidé à la succession et à la répartition des

formes organiques, et à nous amener ainsi de proche en proche jusqu'au tableau complet que nous offre aujourd'hui la nature dans les trois règnes.

On conçoit en effet que les caractères des animaux et des végétaux, à un moment donné de la vie du globe, peuvent nous éclairer sur la composition chimique de l'air et de l'eau, sur la température de l'atmosphère, sur la répartition des climats, la profondeur et l'étendue des mers et des lacs, la distribution et l'élévation des continents et des îles, etc.; en un mot, il doit y avoir eu entre ces causes et leurs effets une solidarité nécessaire dont le temps n'a point complétement effacé les traces.

Point de vue biblique.

Enfin, il est un dernier point de vue que nous nous garderons bien de traiter, mais à l'égard duquel il est nécessaire que nous fassions ici une déclaration explicite. En Allemagne, comme en Angleterre et en France, on a souvent cherché à relier deux ordres d'idées différentes, à rattacher les données purement scientifiques à celles que fournissent les textes sacrés. Comme l'astronomie à la fin du seizième siècle, la géologie et la paléontologie ont rencontré des adversaires qui croyaient y voir des contradictions avec les récits de la Genèse, tandis que d'autres s'efforçaient de mettre les faits observés en accord avec la cosmogonie de Moïse. Mais les naturalistes qui sont entrés dans cette voie se sont, suivant nous, complétement mépris, et, sans s'en apercevoir, ont interverti les rôles. C'est seulement aux théologiens qu'il appartient de s'emparer des faits acquis à la science, de les comparer avec les textes précités, d'y trouver des ressemblances, des différences ou des confirmations. Les connaissances philologiques et celles de l'exégétiste sont éga-

lement indispensables pour traiter ces questions placées en dehors de notre domaine et que nous avons rappelées uniquement pour déclarer que nous n'aurons pas à nous en occuper et pour prévenir toute fausse interprétation à leur égard.

Direction du Cours.

La paléontologie a souvent été mal comprise et peut-être même l'est-elle encore de quelques personnes ; cela tient à son caractère mixte. On prend souvent un anatomiste, un zoologiste ou un botaniste qui s'est occupé de telle ou telle classe de fossiles, pour un paléontologiste dans toute l'acception du mot ; mais nous ferons voir que cette dénomination n'est pas justifiée et que l'examen comparatif des êtres organisés éteints et vivants ne suffit pas pour avoir une idée complète de l'importance des résultats ni du but de cette étude.

Maintenant, quelle doit être la direction de l'enseignement paléontologique au Muséum d'histoire naturelle, entouré comme il l'est de sept chaires qui ont pour objet l'étude, à divers points de vue, du règne animal, et dont quatre sont plus spécialement consacrées à la zoologie descriptive, puis d'une chaire de botanique générale et d'une chaire de géologie spéciale, toutes occupées par les hommes les plus éminents dans chaque science ?

Le cours de paléontologie ne peut être transformé en un cours de zoologie et de botanique fossiles, sous peine de n'être qu'une doublure incomplète, sans caractère propre, des cours spéciaux de zoologie, d'anatomie comparée et de botanique, qui ont aussi chacun mission de traiter des fossiles qui rentrent dans leur spécialité. En outre, ces cours, par les développements qu'ils comportent, se font en plusieurs années ; or, un cours de paléontologie

qui embrasserait à la fois les deux règnes organiques avec l'application des fossiles à la géologie représenterait à peu près l'œuvre de toutes les chaires d'histoire naturelle réunies, et la vie supposée même très-longue du professeur n'y suffirait pas. C'est cependant ce que nous avons quelquefois entendu demander par des personnes qui ne se rendaient pas bien compte de la question, ou qui, ne voyant que le petit coin de la science qu'elles cultivent, s'imaginaient qu'on pouvait asseoir sur les mêmes bases un enseignement général.

Si nous écartons ainsi, comme impraticable à plusieurs égards, le point de vue exclusivement zoologique et botanique, il reste celui de la connaissance des êtres organisés fossiles, considérés stratigraphiquement ou dans leurs rapports avec l'ancienneté des couches qui les renferment. Or c'est là réellement, comme nous l'avons déjà donné à entendre, le véritable domaine du paléontologiste ; ce sera par conséquent le nôtre, et, pour éviter toute confusion, nous le désignerons d'une manière spéciale par l'expression de *paléontologie stratigraphique*. Ainsi caractérisée dans sa direction et dans son but, la paléontologie est donc une science qui, comme nous le disions tout à l'heure, reliant intimement la zoologie et la botanique à la géologie, vient compléter les premières et jeter une vive lumière sur la seconde.

Mais il ne suffit pas de connaître la distribution des êtres organisés dans le temps d'une manière systématique ou théorique absolue, comme on la trouve indiquée plus ou moins exactement dans la plupart des livres, car on n'aurait alors qu'une idée très-incomplète des faunes et des flores anciennes, il faut encore rechercher et suivre

géographiquement la répartition de leurs diverses associations à la surface des terres émergées aujourd'hui; il faut constater les modifications que chacune d'elles éprouve lorsqu'on passe d'un pays dans un autre, ou lorsqu'on s'avance dans telle ou telle direction, et cela de manière à reproduire autant que possible, pour chaque moment de l'histoire de la terre, le tableau des êtres organisés qui la peuplaient sur ses divers points, absolument comme le zoologiste et le botaniste le font pour les faunes et les flores géographiques de nos jours.

Or, c'est ce qu'un examen stratigraphique ou des couches, très-détaillé, quelquefois même minutieux, peut seul nous révéler. Nous ferons donc toujours précéder la description d'une faune, d'une flore ou d'un ensemble de fossiles quelconque, par celle des caractères et de la position des strates qui les renferment. Nous suivrons ceux-ci dans les pays de plaines, de plateaux, dans les collines et les montagnes, depuis le niveau des mers actuelles jusqu'à des altitudes supérieures à celle du Mont-Blanc. Nous développerons les théories rationnelles par lesquelles on peut se rendre compte aujourd'hui des diverses situations des fossiles, et nous les opposerons aux hypothèses mal fondées auxquelles ces positions ont souvent donné lieu.

Ainsi, la paléontologie, en s'élevant et en s'étendant jusqu'à ses limites naturelles, cessera d'être une étude bornée à des faits de détail, à des vues étroites sous lesquelles trop souvent la pensée générale disparaît. Il ne faut pas que l'observation directe des phénomènes et leurs résultats pratiques nous absorbent au point d'étouffer ce sentiment élevé des choses de la nature dont les

maîtres de la science nous ont laissé de si précieux modèles, car dans l'ordre intellectuel comme dans l'ordre moral le matérialisme est une cause de stérilité.

Dans l'enseignement dont nous cherchons à poser ici les bases nous ne sommes astreint à aucune limite de temps; nous ne sommes point enfermé dans l'étroit programme d'une institution universitaire, ni soumis aux exigences d'une instruction technique, et notre champ n'a d'autres bornes que celles de la science elle-même. Nous éviterons néanmoins tous les détails superflus, et, d'un autre côté, la variété des faits, des aperçus, des lieux, des temps, ainsi que le soin que nous mettrons à résumer fréquemment les idées pour en rendre les déductions plus frappantes, pourront, nous l'espérons du moins, tout en soutenant l'intérêt, aider la mémoire à les retenir sans fatiguer l'attention.

Esprit du Cours.

Un cours est l'exposé général d'une science; c'en est l'expression orale la plus complète et la plus élevée; mais ce ne doit pas être aujourd'hui, au moins dans le plus grand nombre des cas, le développement des idées particulières ou des observations du professeur. « Notre expé- « rience personnelle, dit Cuvier (1), est tellement limitée « par la brièveté de notre existence, que nous ne saurions « presque rien si nous ne connaissions que ce que nous « pouvons apprendre nous-mêmes. » Cette pensée déjà bien vraie par elle-même devient plus frappante encore sous la plume d'un des hommes qui ont le plus contribué aux progrès de la science par leurs propres travaux.

Il y a cinquante ou soixante ans, toute une science

[1] *Histoire des sciences naturelles*, vol. I, p. 2,

pouvait peut-être se trouver concentrée dans une seule tête; actuellement cela n'est point possible, et plus nous avancerons, plus l'individualité du professeur disparaîtra dans l'immensité des matériaux accumulés par d'autres. Faisons donc de bonne grâce le sacrifice de notre amour-propre, pour ne nous regarder que comme les démonstrateurs, les vulgarisateurs et les historiens critiques de la science.

En ce qui nous concerne personnellement, nous sommes assez heureux pour n'avoir à soutenir ni à défendre aucune théorie qui nous soit propre; d'où résulte pour nos opinions une probabilité d'indépendance qui doit profiter à la vérité. Nous ne sommes ni l'interprète ni le représentant d'aucune école; nos paroles ne s'abriteront sous l'autorité d'aucun nom en particulier. Ce que nous désirons, c'est une science éclectique; ce que nous enseignerons, c'est ce que tout le monde admet. Peut-être y a-t-il encore quelques dissidents, quelques retardataires? Rien de plus naturel, et nous ne devons ni nous en plaindre ni nous en étonner; il y aura toujours, quoi qu'on fasse et quelque éclatante que soit une vérité, des esprits, même distingués, mais amoureux du paradoxe, qui se rencontreront à propos pour la nier, puis d'autres, qui, dans les sciences comme en politique, n'admettent pas volontiers le progrès qui se fait sans eux, et croient, parce qu'ils se sont arrêtés, que les autres ne doivent plus marcher.

N'oublions pas que les découvertes qui honorent le plus l'esprit humain ne se sont jamais produites sans opposition, sans une lutte plus ou moins prolongée. Le mouvement de la terre n'a-t-il pas été nié avec obstination à la

fin du seizième siècle, la circulation du sang à la fin du dix-septième, l'application de la vapeur aux locomotives au commencement du dix-neuvième? Et cependant aujourd'hui, pour tout le monde, la terre tourne, le sang circule dans les veines et dans les artères, et nous parcourons l'Europe sur des chemins de fer.

Grâce à la multiplicité des institutions scientifiques et à la fréquence des relations qu'elles établissent, ces protestations isolées, de quelque part qu'elles viennent, n'entravent point la marche de la science; son mouvement continu, régulier depuis quarante ans, permet d'entrevoir, dans un avenir prochain, les résultats les plus complets et les plus confirmatifs des principes qui la guident, sur lesquels nous nous appuyons, et que nous nous efforcerons de propager, toujours fidèle à cette devise : *Équité, indépendance et progrès*.

Divisions générales du Cours.

Le but que nous nous proposons dans cet enseignement étant défini, la direction que nous devons lui imprimer étant indiquée, les principes qui doivent nous guider étant également compris, il nous reste à présenter sommairement ses principales divisions.

La matière du Cours sera répartie dans quatre années. Dans la première, nous traiterons de sujets assez variés dont la connaissance approfondie est indispensable à une étude sérieuse et complète de la paléontologie. Ils formeront par leur réunion une sorte d'*Introduction* toute spéciale à notre enseignement. Dans la seconde, nous étudierons successivement les caractères des faunes et des flores quaternaires et tertiaires. Le cours de la troisième année comprendra la description des faunes et des flores secondaires ou des formations crétacée, jurassique et triasique;

enfin, celui de la quatrième, celles du terrain de transition ou des systèmes permien, carbonifère, dévonien et silurien.

Reprenant alors dans leur ensemble et de bas en haut, ou des plus anciennes aux plus récentes, ces faunes et ces flores dans l'ordre chronologique naturel, nous présenterons le tableau général de leur développement et de leur remplacement dans le temps, et nous chercherons à nous rendre compte des lois qui ont présidé à ce grand phénomène de la succession des êtres, à cette manifestation si variée de la vie à la surface de notre planète. Dans l'un et l'autre cas nous nous conformerons toujours à l'ordre géologique ou stratigraphique, puisque, d'après la définition même du Cours, nous considérons les fossiles surtout par rapport à l'époque où ils ont vécu.

Telle sera la disposition générale de notre enseignement pour exposer, au moins une première fois, la science dans toutes ses parties, pour que ses limites, ses caractères, son but et ses résultats théoriques et pratiques soient nettement tracés et compris. Cette marche nous a paru indispensable, parce que jusqu'à présent il semble que l'on ait plutôt *fait des leçons* sur tel ou tel sujet particulier que conçu et exécuté un *plan général complet*, régulièrement et systématiquement coordonné dans ses diverses parties. Après avoir ainsi parcouru le vaste domaine de la paléontologie stratigraphique, il nous sera permis d'approfondir chaque année telle ou telle question que nous jugerons plus importante, ou sur laquelle un intérêt spécial d'actualité appellerait notre attention.

Exposé du Cours de 1862.

Passons à une énumération plus détaillée des divers sujets qui doivent nous occuper cette année.

Aucune science n'est sortie toute faite de la tête d'un seul homme. Quelque vaste qu'ait été le génie de certaines natures privilégiées, il a toujours été devancé par quelque esprit précurseur. Ceci est encore plus vrai pour les sciences d'observation que pour les autres. Ce n'est en effet que par l'accumulation successive des faits, par une critique éclairée qui sépare le bon du mauvais, le vrai du faux, que l'édifice s'élève peu à peu, tantôt plus vite, tantôt plus lentement.

L'histoire d'une science est comme le péristyle d'un temple; c'est l'introduction la plus naturelle au tableau des merveilles que son étude doit nous révéler. C'est en outre un acte de justice distributive auquel il n'est pas permis de se soustraire, et ici, plus que partout ailleurs, une pareille omission serait impardonnable, car ce serait plus que de l'oubli, ce serait de l'ingratitude dans cet établissement où les grandes ombres de nos illustres devanciers, de Buffon, des Jussieu, des Geoffroy, de Lamarck, de Cuvier, de Brongniart, semblent planer sur nos têtes, pour nous encourager, pour couvrir et protéger nos faibles efforts de tout l'éclat de leur immortalité!

Entrer de suite en matière et sans préambule peut être le fait d'un esprit positif et pratique, mais ce n'est certainement pas le fait d'un esprit philosophique et réfléchi qui, dans toute question, ne sépare jamais le présent du passé ni l'effet de la cause. Nous concevons l'impatience de la jeunesse pour atteindre le but qu'on lui montre; mais il nous appartient de modérer et de régler ce senti-

ment, louable en lui-même, en faisant remarquer que, dans un enseignement tel que celui-ci, on ne pourrait, sans manquer à son devoir, passer sous silence une partie aussi essentielle de la science elle-même; car, ne connaître que la science de son temps, c'est ne la savoir qu'à demi, c'est marcher comme un voyageur qui ne saurait pas de quel lieu il est parti ni depuis combien de jours il est en route.

Nous sommes d'autant plus engagé à cette étude préliminaire que nous ne sachions pas que l'histoire de la paléontologie stratigraphique ait été exposée dans aucun ouvrage ni dans aucun cours, et que nous trouverons dans ces recherches du passé un moyen tout naturel pour essayer de déraciner des erreurs admises sans réflexion, transmises de même, qui courent en quelque sorte le monde avec impunité, et qui se perpétuent ainsi jusque dans les livres les plus récents dus aux plumes les plus savantes de notre temps.

Il y a ordinairement quelques difficultés à commencer un cours par l'histoire de la science qui doit en faire l'objet, les auditeurs n'étant pas supposés connaître toutes les données nécessaires à l'intelligence des détails; mais ici cette difficulté n'existe pas, car, d'après ce que nous avons dit des caractères du Cours, les personnes qui le suivront ne doivent pas être étrangères aux branches les plus voisines des autres sciences naturelles. Cette première partie de notre Introduction aura de plus l'avantage de les familiariser avec une multitude de notions géographiques particulières à notre sujet, de les initier par avance à l'emploi de la terminologie générale comme à l'application préalable des principes que nous développerons plus tard.

La classification des terrains de sédiment nous occupera ensuite, et nous chercherons à l'établir sur les bases à la fois les plus rationnelles et les plus simples, en discutant la valeur de celles qui ne nous paraissent pas fondées ou qui reposent sur des données mal interprétées. La terminologie géologique, d'abord peu compliquée et aussi claire que le permettait son origine polyglotte, est devenue depuis très-confuse, surchargée d'une multitude de mots inutiles et de doubles emplois dont le nombre augmente sans cesse par le caprice ou l'irréflexion des auteurs. Nous nous tiendrons éloigné de cette logomachie dont les éléments, empruntés à toutes les langues, mortes ou vivantes, à tous les pays, à toutes les choses et même à des noms de personne, se trouvent associés sans mesure, sans règle, au mépris des lois de la grammaire, constituant une sorte de Babel aussi choquante pour l'oreille la moins musicale que contraire au plus simple bon sens.

Quant aux principes mêmes de la classification, nous y serons naturellement amené par les idées que nous aurons vues développées et appliquées au commencement de ce siècle. Ils sont, comme nous le démontrerons, le résultat du concours simultané, mais indépendant, des géologues de l'Italie, de la Suisse, des diverses parties de l'Allemagne, de l'Angleterre, de la Belgique et de la France, concours auquel ceux de l'Amérique du Nord ont bientôt donné une éclatante sanction. Aussi est-ce une erreur profonde de croire, comme on l'entend dire souvent, que la science s'est développée d'abord dans tel ou tel pays et sous l'influence de tel ou tel savant.

L'analogie et la marche si rationnelle du connu à l'in-

connu doivent nous engager à étudier les lois qui régissent les phénomènes actuels, pour arriver plus sûrement à l'intelligence de ceux qui nous ont précédés de tant de siècles. L'histoire nous apprendra même que c'est faute d'avoir procédé ainsi que la géologie et la paléontologie sont restées si longtemps dans l'enfance. Aussi demanderons-nous à la zoologie et à la botanique géographiques des lumières qui nous sont indispensables pour pouvoir nous rendre compte de l'état physique du globe à un moment donné.

C'est par le même motif que nous suivrons, dans l'étude des faunes et des flores fossiles, un ordre descendant ou en allant des plus récentes aux plus anciennes. Il semble plus naturel, au premier abord, de commencer, comme on dit, par le commencement, ou par les premiers organismes qui ont peuplé la surface de notre planète, de suivre pas à pas, à travers ses divers âges, leurs modifications, pour arriver au tableau de la faune et de la flore actuelles; c'est une marche chronologique, rationnelle, comparable à celle que l'on suit dans l'histoire des peuples, et c'est en effet ainsi que l'on doit procéder dans un cours de géologie qui est l'histoire physique de la terre. On prend alors le globe à son origine théorique et on suit toutes ses phases en combinant les données de l'observation directe avec les lois générales de la physique. Mais dans un cours plus particulièrement consacré à son histoire biologique, cette marche offre quelques inconvénients pour les commençants, qu'il faut transporter, pour ainsi dire sans préparation, à l'origine encore si obscure de la vie, là où les fossiles, moins bien conservés, diffèrent le plus des êtres organisés de nos jours, et dont les con-

ditions de gisement exigent aussi des recherches plus difficiles et plus longues.

En procédant comme nous nous proposons de le faire, on s'avance avec toute sécurité, parce qu'on s'appuie constamment sur les faits les mieux observés et les mieux compris. C'est d'ailleurs aussi de cette manière que les connaissances paléontologiques se sont développées. Les fossiles des terrains récents sont les premiers qui aient attiré l'attention des observateurs, tant à cause de leur position facilement accessible aux recherches que par leur nombre et leur bon état de conservation, tandis que ceux des terrains anciens n'ont été généralement étudiés que beaucoup plus tard.

Après avoir traité de l'histoire de la paléontologie stratigraphique, des conditions physiques probables de la vie aux diverses époques, de l'apparition des espèces et de la manière de comprendre l'espèce elle-même, nous passerons à la description du *terrain moderne* considéré sous le point de vue organique. Dans l'étude des phénomènes de l'époque actuelle nous insisterons particulièrement sur les dépôts qui résultent de l'accumulation des débris organiques, tels que les marnes et les sables à animaux microscopiques, les îles et les récifs de coraux, les bancs coquilliers qui se forment le long des côtes, quelquefois au fond des lacs, les accumulations de végétaux, soit sous forme de tourbe, soit sous celle d'immenses radeaux à l'embouchure de certains fleuves, etc.

Importance relative des êtres organisés dans la composition des dépôts.

En cherchant à nous rendre compte de l'importance relative ou du rôle que joue chaque classe d'êtres organisés dans la composition de ces dépôts, nous verrons qu'il est en quelque sorte inverse de la place assignée,

dans les séries zoologique et botanique, aux animaux et aux plantes qui les ont produits, et nous ferons remarquer dès à présent qu'il en a été de même à toutes les époques et que c'est encore une des lois générales de la nature.

Ainsi, les infusoires, les rhizopodes, les polypiers, les radiaires, les bryozoaires et les mollusques testacés ont concouru et concourent encore plus efficacement à augmenter la masse des sédiments que les restes des vertébrés, qui n'y entrent presque pour rien. De même, les cryptogames et les phanérogames monocotylédones ont plus contribué que les végétaux dicotylédones à la formation des amas charbonneux des divers âges, depuis les anthracites et les houilles du terrain de transition jusqu'aux tourbes de nos marais.

Si l'on songe, en outre, que les agents physiques et chimiques les moins énergiques en apparence, mais les plus constants, concourent surtout à la préparation, à l'accumulation et à l'arrangement des matières sédimentaires exclusivement minérales, tandis que les manifestations les plus puissantes des forces mécaniques de l'intérieur du globe ne sont que des accidents plus ou moins limités dans leur étendue, interrompant momentanément l'ordre des phénomènes réguliers, sans autre influence sur ces dépôts que de les avoir dérangés par places, on en conclura que la nature semble, de tout temps, avoir choisi, dans les trois règnes, précisément les moyens les plus faibles, les plus simples et les plus lents pour modifier incessamment la surface de la terre.

Confiante dans l'avenir qui ne peut lui manquer, elle laisse à l'incalculable série des siècles le soin de transformer cette surface et les êtres organisés qui l'ha-

bitent par des actions ou des lois dont les effets sont insensibles lorsqu'on prend pour les mesurer le court espace de la vie humaine, l'existence d'une nation, ces chronomètres, en un mot, dont l'entière révolution ne répond pas même à une seconde des âges géologiques.

Messieurs,

En essayant dans ce programme de notre Cours, qui est en outre une sorte d'exposé de principes, de vous faire apprécier le haut intérêt scientifique, l'utilité pratique, la grandeur et la variété des points de vue qui résultent de l'étude des corps organisés fossiles, je regretterais d'avoir pu vous effrayer par la multiplicité des détails, par les difficultés que cette étude semble offrir au premier abord, et peut-être aussi par le ton toujours un peu solennel d'un discours d'ouverture. Vos craintes seraient, en effet, bien justifiées, si, pour cultiver la paléontologie avec quelque succès et même quelque agrément, il fallait connaître à fond tous les terrains, toutes les faunes et toutes les flores qu'ils renferment; mais heureusement il n'en est point ainsi, et l'on peut à beaucoup moins de frais se rendre utile à la science.

Au point où elle est arrivée, c'est-à-dire son cadre et ses divisions générales étant tracés, ce sont les travaux particuliers, embrassant une simple coupe géologique, un espace géographique peu étendu, ou bien des monographies de genres et de familles, qui contribuent surtout à ses progrès; car ces travaux de détail, quand ils sont bien faits, deviennent la pierre de touche des

théories générales; ils leur servent de contrôle, les confirment ou les renversent.

C'est ici que le principe de la division du travail peut être appliqué avec tous ses avantages. La paléontologie est comme un tronc immense dont les branches se ramifient presque à l'infini, et l'étude approfondie d'un de ses nombreux rameaux peut suffire à l'ambition de quiconque veut y consacrer son temps. Chacun peut apporter ainsi sa pierre à l'édifice commun qu'il aura contribué à élever, et cette pierre transmettra son nom aussi bien que celui d'un des fondateurs.

PRÉCIS D'UNE HISTOIRE

DE LA

PALÉONTOLOGIE

STRATIGRAPHIQUE

CHAPITRE PREMIER.

§ 1. Observations générales.

L'histoire d'une science ne peut trouver place dans un cours ordinaire, soit universitaire, soit technique, destiné à enseigner ses principes élémentaires et ses applications, car le but essentiel doit être alors atteint dans le moins de temps possible. Mais, dans un enseignement aussi élevé que celui du Muséum, ce serait manquer à son principe même que d'omettre le tableau du développement successif des idées et des recherches qui ont précédé l'état actuel de nos connaissances, et de ne point indiquer les voies diverses parcourues ou tentées avant qu'on ait pu distinguer la véritable et s'y engager définitivement avec toute sécurité.

Motifs, direction et limites du travail.

Ce ne sera cependant pas une histoire complète de la paléontologie que nous présenterons ici, un pareil travail nous éloignerait trop de notre but, mais bien un exposé suffisamment détaillé de la marche des idées, soit théoriques et abstraites, soit suggérées par l'observation directe des faits, qui ont conduit graduellement aux principes fondamentaux de la science.

« Il n'est pas de science, dit G. Cuvier (1), dont l'histoire ne « soit utile aux hommes qui la cultivent; mais l'histoire des « sciences naturelles est indispensable aux naturalistes. En « effet, les notions dont ces sciences se composent ne sauraient « être le résultat de théories faites *à priori*. Elles sont fondées « sur un nombre presque infini de faits qui ne peuvent être « connus que par l'observation. . . . . La con- « naissance de l'histoire des sciences est encore utile en ce « qu'elle empêche de se consumer en efforts superflus pour « reproduire des faits déjà constatés. Enfin il résulte de l'étude « de cette histoire deux autres avantages : celui de faire naître « des idées nouvelles qui multiplient les connaissances acquises « et celui d'enseigner le mode d'investigation qui conduit le « plus sûrement aux découvertes. »

« Il n'est jamais inutile, dit de son côté G. B. Brocchi (2), de « montrer quels sont les divers chemins parcourus pour arriver « à la connaissance de la nature. Découvrir et signaler les er- « reurs qui se sont introduites, les combattre pour les rem- « placer par la vérité, tel est le but de l'histoire des sciences. »

Ces opinions de deux grands naturalistes, l'un et l'autre éminemment pratiques et suivant des directions différentes, suffiraient sans doute pour justifier notre plan; mais il y a, outre ce point de vue utile et d'intérêt historique, un sentiment d'équité qui ne doit pas nous permettre de passer sous silence le mérite de ceux qui en nous précédant ont tracé et aplani la route. D'un autre côté, le temps consacré à apprécier les œuvres des autres n'est point du temps perdu, et l'esprit qui n'est pas mûri par la méditation de l'histoire est souvent partial, même à son insu. Enfin, cette étude n'aurait-elle encore pour résultat que de nous rendre plus réservés dans nos propres conclusions, qu'elle serait encore digne de toute notre attention.

(1) *Histoire des sciences naturelles*, professée au Collége de France, t. I, p. 1, 1841.

(2) *Conchiologia fossile subappennina*, vol. I, p. 48, éd. de 1843.

Peut-être dira-t-on que ce sujet eût été mieux placé dans un traité écrit que dans un cours oral auquel nous le faisons servir d'*Introduction*. En effet, les auteurs qui, dans ces derniers temps, ont publié des ouvrages généraux sur les corps organisés fossiles auraient dû remplir cette lacune, et l'eussent fait sans doute beaucoup mieux que nous; mais, puisqu'ils s'en sont complétement abstenus et n'y ont même fait aucune allusion, nous avons cru pouvoir essayer d'accomplir une tâche qui, depuis le grand ouvrage de Walch et Knorr, qui date de près d'un siècle, n'avait préoccupé sérieusement aucun naturaliste. Nous pourrions ajouter que les auteurs des XVII[e] et XVIII[e] siècles étaient, à cet égard, relativement plus instruits et plus scrupuleux que nous ne le sommes aujourd'hui.

Les personnes qui ont écrit incidemment sur l'histoire de la géologie et de la paléontologie, et nous sommes obligé d'y comprendre G. Cuvier, ne se sont guère occupées que de signaler les erreurs des écrivains, de faire ressortir ce qu'il y avait de faux, de ridicule même dans certaines de leurs spéculations, et ils ont passé légèrement sur ce qu'il pouvait y avoir de bon, au milieu de cet amas d'hypothèses hasardées et de faits mal ou incomplétement observés. En général, ces études rétrospectives sont très-superficielles, se répètent souvent les unes les autres et manquent de vues générales ou d'ensemble; ce sont comme des analyses de chroniques qui n'ont rien de la solidité de l'histoire et sont dénuées de toute vue philosophique.

Pour éviter ces inconvénients et rendre complétement notre pensée, nous ne nous bornerons pas à une simple énumération des données paléontologiques, mais nous suivrons avec une égale attention le progrès des recherches stratigraphiques, intimement liées avec la considération des fossiles. Nous présenterons simultanément la marche de la science sous ces deux points de vue, destinés à s'éclairer mutuellement et qui ne pourraient être séparés sans perdre tous deux de leur intérêt, de leur certitude et de leur utilité pratique.

D'un autre côté, ce travail ne remplirait point encore son

objet, s'il n'était qu'un exposé chronologique ou une analyse succincte des idées et des faits ; aussi le concevons-nous plutôt comme le résultat ou la synthèse d'études critiques, comparatives et coordonnées à un point de vue particulier, de ce que les unes et les autres renferment de plus essentiel. Or, cette tâche devient assez délicate, lorsqu'il s'agit d'appeler des jugements déjà portés sur des hommes et sur des choses dont le mérite a reçu la sanction plus ou moins réfléchie du temps, lorsqu'il faut revenir sur des opinions qui règnent sans contradiction, faute d'un examen suffisant. On nous permettra donc d'ajouter ici quelques remarques, pour que notre intention ne soit ni méconnue ni mal interprétée.

Des savants très-distingués ont quelquefois joint à leurs titres scientifiques des talents de diverses sortes, politiques, administratifs, philosophiques, littéraires ou autres, et l'ensemble de ces qualités, revêtues encore des faveurs du pouvoir, leur a formé une auréole dont le public n'aime pas qu'on cherche à diminuer l'éclat. Loin de nous la pensée d'amoindrir par des critiques ou des observations sans nécessité la considération due à ces glorieux représentants de l'esprit humain ; mais, tout en nous efforçant de mettre dans nos appréciations la plus parfaite exactitude, c'est aussi un devoir pour nous de signaler les erreurs qu'ils ont pu commettre, en les jugeant surtout avec les idées et les connaissances de leur temps, et non avec celles du nôtre, ce qui serait souverainement injuste.

Ce n'est pas en exagérant la valeur des hommes éminents qu'on les fait le mieux valoir. On peut sans doute en imposer ainsi pendant quelque temps à ceux qui adoptent volontiers les opinions toutes faites, qui ne se donnent point la peine ou n'ont pas le temps d'étudier par eux-mêmes; mais tôt ou tard la réaction se produit, et il est à craindre alors qu'on ne tombe dans l'excès contraire, qu'une partialité ne succède à une autre, et cela toujours faute d'un examen calme et réfléchi.

La perfection absolue n'étant point l'apanage de l'humanité, tout éloge sans restriction doit être par cela seul plus ou moins partial. Si rien n'est plus propre à élever la pensée, à stimuler et

à développer l'intelligence que le culte des grandes réputations, c'est à la condition qu'il sera éclairé, qu'il ne dégénérera pas en une sorte de fétichisme aveugle, car, ce qui étouffe le progrès, c'est surtout l'asservissement à l'autorité d'un nom, à celle d'une idée ou d'un principe étranger au sujet que l'on traite. C'est cet asservissement contre lequel réagissaient énergiquement les libres penseurs du moyen âge avec Abailard et ceux de la Renaissance avec Pierre Ramus. Heureusement, aujourd'hui, la tâche est beaucoup plus simple, plus facile et surtout moins périlleuse, et, à défaut du talent de ces illustres défenseurs du libre examen, on peut se borner, dans un rôle infiniment plus modeste, à suivre la pensée qui les guidait. Si, d'un autre côté, on veut bien se rappeler que nous avons déjà rempli, pour une période de vingt-cinq ans dans l'histoire de la science moderne, une tâche assez semblable à celle que nous nous proposons ici, peut-être sera-ce un titre pour qu'on nous accorde quelque confiance dans l'appréciation d'un passé plus ancien et d'une plus longue durée.

Nous avons aussi jugé qu'au lieu d'adopter un ordre chronologique absolu, qui aurait l'inconvénient d'éparpiller les faits et de fatiguer l'attention en la portant tantôt sur un pays, tantôt sur un autre, il était préférable de considérer successivement les recherches, dont les fossiles et les roches sédimentaires ont été l'objet, dans des régions distinctes par la géographie, leurs sciences et leurs langues. Nous pourrons sans inconvénient les regarder comme des centres ayant eu peu de relations entre eux, et dans lesquels le mouvement scientifique se produisait d'une manière plus ou moins indépendante.

Cette marche est encore justifiée par cette circonstance, que les nations de l'ouest de l'Europe, où la géologie stratigraphique a pris naissance, sont aussi celles où la nature, ou bien des travaux industriels fort étendus mettaient les faits dans tout leur jour. On peut même dire qu'il y a une relation directe entre les caractères physiques d'un pays et la direction que la géologie y a prise. C'est ainsi qu'en Italie, en Suisse, dans les diverses

parties de l'Allemagne, en Angleterre et en France, l'histoire de la géologie et de la paléontologie reflète non-seulement le plus ou moins d'aptitude de chaque peuple pour ce genre de recherches, mais encore la nature du sol, son orographie, son origine et les fossiles qu'on y trouve. Les diverses théories ont été le plus ordinairement inspirées par les caractères du tableau que chaque observateur avait habituellement sous les yeux.

Ainsi, après quelques mots des écrivains de l'Antiquité, nous examinerons successivement l'origine, le développement et le résultat définitif des études paléontologiques et stratigraphiques en Italie, en Suisse, dans l'Allemagne méridionale, centrale et septentrionale, dans les États du nord et de l'est de l'Europe, puis en Angleterre, en Espagne, dans les deux Amériques, et nous terminerons par les Pays-Bas et la France, ce dernier pays devant nous intéresser plus particulièrement.

Cette *Introduction* à notre cours s'arrêtera à l'année 1822, époque à laquelle la véritable théorie des terrains de sédiment s'est trouvée définitivement constituée et assise sur des bases que tout ce qui s'est fait depuis quarante ans n'a pu que consolider. L'histoire des erreurs, des doutes, des tâtonnements étant terminée, nous entrerons dans le domaine de la science actuelle qui doit faire l'objet particulier de notre enseignement.

§ 2. Antiquité.

Cosmogonie et géogénie.

Nous dirons peu de chose des Anciens, dont les opinions sur l'origine de la terre semblent avoir été purement spéculatives et se rattacher aux dogmes religieux de chaque peuple. Suivant les uns, la terre aurait été d'abord à l'état de vapeur; suivant d'autres, les Égyptiens en particulier, à l'état de fluidité aqueuse, toutes les substances qui entrent dans la composition de notre planète ayant été dissoutes dans l'eau; enfin les Mages

ui attribuaient une origine ignée. Tous néanmoins s'accordaient pour admettre que les eaux avaient autrefois recouvert la surface entière du globe; cette croyance était répandue chez les Hindous, chez les Égyptiens, aussi bien que chez les Phéniciens et par conséquent chez les Grecs.

La théorie actuelle de la terre ne serait donc en réalité que la combinaison chronologique, conformément aux lois de la physique et à l'observation directe, de ces trois hypothèses de l'antiquité, rapprochement assez remarquable qui ne nous semble pas avoir encore été signalé. Cette ancienneté des croyances à l'extension première des mers se rattache-t-elle aux traditions d'inondations générales que l'on retrouve chez tous les peuples; est-elle le résultat de la présence des coquilles marines observées déjà sur beaucoup de points émergés depuis longtemps, ou bien la découverte de ces débris organiques vint-elle confirmer plus tard l'idée géogénique? Toujours est-il que ces débris furent remarqués dès la plus haute antiquité, et que leur véritable origine n'était pas contestée alors comme elle le fut au moyen âge.

En cela, les prêtres de l'Égypte, qui admettaient que des destructions et des régénérations tant organiques qu'inorganiques avaient eu lieu à la surface de la terre, qui croyaient à des déluges ou cataclysmes, à des conflagrations ou ecpyrosis, étaient plus éclairés que bien des docteurs des XIIIe, XIVe et XVe siècles. Thalès, qui fonda l'école ionienne, vers l'an 600 avant Jésus-Christ, importa leurs idées en Grèce, où il enseignait que l'eau était l'origine de toutes choses, tandis que Zénon enseignait le principe du feu, ainsi que Parménide. Anaximène voyait dans l'air le premier principe de la création; Démocrite s'efforçait de réunir les atomes qui devaient constituer l'univers, et Xénophane, né 617 ans avant Jésus-Christ, le fondateur de la secte éléatique et du panthéisme, établissait une partie de sa théorie sur l'unité de Dieu et du monde, sur l'existence des coquilles pétrifiées, signalait des empreintes de poissons dans les carrières de Syracuse et concluait que les lieux où se trouvaient ainsi des restes

d'animaux marins devaient avoir été recouverts par la mer (1).

Historiens, poëtes et naturalistes.

Hérodote mentionne les coquilles qui se trouvent sur les montagnes de l'Égypte comme une preuve du séjour de la mer (2). Pausanias (3) décrit une carrière de calcaire coquillier, à Mégare, comme le seul exemple de cette sorte de pierre qui soit cité en Grèce. Il remarque qu'elle est tendre, blanche et remplie de coquilles. Xénophon (4) mentionne des temples et d'autres constructions où de semblables pierres ont été employées. Théophraste, dans un livre qui ne nous est point parvenu, mais que connaissait Pline, signale l'ivoire fossile et des os d'Éléphant trouvés dans la terre (5). Ses deux livres sur les *pétrifications* ont été perdus ; celui sur les *pierres* nous reste encore avec l'*Histoire des plantes*. Aristote est regardé comme le père de ce que l'on a appelé de nos jours la *théorie des causes actuelles*, c'est-à dire de l'opinion qui attribue tous les changements physiques et organiques survenus à la surface de la terre aux seules causes qui agissent encore sous nos yeux, en les supposant prolongées pendant un laps de temps dont l'imagination peut à peine se faire une idée.

Nous ne remarquons pas d'ailleurs que les écrivains plus spécialement naturalistes, au moins d'après ce que nous en savons, tels qu'Aristote et Théophraste chez les Grecs et Pline chez les Latins, aient émis des idées bien précises sur la nature et l'origine des fossiles, ce qui est assez singulier avec cette croyance généralement répandue que les surfaces occupées par la terre et par la mer changeaient constamment et

(1) Voyez aussi sur ce sujet Strabon, *Géographie*, liv. I, p. 85, éd. de Almenodus. — Pomponius Mela, lib. I, chap. VII.

(2) *Histoire*, vol. I, p. 139, éd. 1850, trad de Larcher.

(3) Dans *Attica*.

(4) Dans *Anabasis*.

(5) Pline, liv. XXXVI, chap. XVIII. — C'était probablement aussi des os d'Éléphant fossile trouvés à Caprée, dont Auguste se montrait si curieux et qu'il rassemblait dans ses maisons de campagne, comme le dit Suétone : *Qualia sunt Capreis immanium belluarum ferarumque membra prægrandia quæ dicuntur gigantum ossa et arma heroum*. (Suétone, *Vie d'Auguste*, sec. LXXII.)

réciproquement, ainsi que le dit Ovide dans ces vers si connus :

..... Vidi factas ex æquore terras
Et procul à pelago conchæ jacuêre marinæ (1).

Horace, dans son ode à Auguste, peint d'une manière non moins élégante l'envahissement des terres par la mer, suivant les traditions de son temps.

« Les peuples ont tremblé ; ils ont craint le retour de ces « temps de colère et de prodiges où Pyrrha vit avec épouvante « Protée chasser les troupeaux de Neptune sur le sommet des « montagnes, les poissons s'arrêter dans les branches de l'orme « où avait reposé le nid de la colombe, les daims tremblants « nager sur les eaux qui couvraient la terre. »

Lucrèce, qui admettait l'infini dans l'espace et dans le temps, ainsi que la perpétuité de la matière incessamment changeante dans sa forme, repousse énergiquement les hypothèses précédentes. « C'est outrager la vérité, dit-il, que de reconnaître « dans le feu le principe et la base de la nature. Condamnons « donc ces philosophes qui regardent l'air comme le principe de « tous les corps, ceux qui ont attribué le même pouvoir à l'onde, « ceux qui ont affirmé que la terre, soumise à toutes les méta- « morphoses, revêtait la forme de tous les êtres, enfin, ces sa- « vants obscurs qui, doublant les éléments, unissent l'air au feu, « la terre à l'eau, ou qui, les joignant tous quatre, font éclore « d'un tel mélange tous les hôtes du monde (2). »

Strabon, qui avait voyagé en observateur et écrit en critique éclairé, discuta les opinions d'Ératosthène, de Xantus, de Straton, et avança cette idée remarquable dont la justesse et la profondeur n'ont été appréciées que bien des siècles après, savoir : que le sol était tantôt soulevé, tantôt abaissé, et que la mer devait y avoir laissé des traces irrécusables de ces mouvements successifs (3).

(1) *Metam.*, lib. XV, vers. 201.
(2) *De rerum naturâ*, lib. I, vers. 705-716.
(3) *Géographie*, liv. I, chap. III.

De tous les restes organiques signalés dans les roches par les anciens, on ne reconnaît d'une manière incontestable que ces petits corps lenticulaires désignés aujourd'hui sous le nom de *Nummulites*, et que Strabon décrit comme il suit (1), en parlant de l'Égypte : « Nous ne croyons pas devoir passer sous « silence, dit-il, une chose singulière que nous vîmes aux Py- « ramides : ce sont des monceaux de petits éclats de pierre « élevés en avant de ces monuments. On y trouve des parcelles « qui, pour la forme et la grandeur, ressemblent à des lentilles; « on dirait même quelquefois des grains à moitié déballés. On « prétend que ce sont les restes pétrifiés de la nourriture des « travailleurs, et cela est peu vraisemblable, car nous avons « aussi chez nous (2) une colline qui se prolonge au milieu « d'une plaine et qui est remplie de petites pierres de tuf sem- « blables à des lentilles. »

Pline dit aussi, en parlant des pyramides, qu'elles sont environnées de sables à gros grains pareils à des lentilles, comme dans la plus grande partie de l'Afrique : *arena latè pura circùm*, *lentis similitudine*, *qualis in majori parte Africæ* (3). On a cru également que la pierre appelée *daphnia* par le même naturaliste devait être une Nummulite, mais rien ne justifie cette présomption; le *daphnia*, dit-il (4), ressemble à une feuille de laurier, que Zoroastre croyait être un remède contre l'épilepsie.

La croyance que les anciens ont connu les coquilles fossiles que nous désignons aujourd'hui sous le nom d'Ammonites repose sur ce passage du même auteur : *Ammonis cornu inter sacratissimas æthiopicas gemmas aureo colore*, *arietini cornu*

(1) *Géographie*, liv. V, p. 397; éd. de du Theil. — Cette citation, déjà faite par Guettard, a été reproduite par des auteurs plus récents.

(2) Strabon était d'Amasis (*Amassya* ou *Amasia*), dans le royaume de Pont, localité d'où M. de Tchihatcheff nous a rapporté récemment de nombreuses Nummulites que personne n'y avait signalées depuis le grand géographe de l'antiquité.

(3) *Historia mundi*, lib. XX, p. 167, éd. d'Ajasson de Grandsagne, 1833.

(4) *Ibid.*, lib. XXVI, p. 403.

effigiem reddens, præmittitur prædivina somnia repræsentare (1). Or, rien n'est moins explicite que ce texte. Aucun voyageur n'a signalé d'Ammonites dans cette partie de l'Afrique, et il faudrait supposer, de plus, que ces prétendues Ammonites étaient à l'état de fer sulfuré, fort petites et d'une parfaite conservation, pour qu'on pût les regarder comme des pierres précieuses ou gemmes. Le texte du *Polyhistor* de Solinus, sur lequel on s'est aussi appuyé, ne fait que reproduire la pensée de Pline sans y rien ajouter. *Illic et lapis legitur; Hammonis vocant cornum, nam ità tortuosus est et inflexus ut effigiem reddat cornûs arietini; fulgore aureo est. Prædivina somnia repræsentare dicitur subjectus capiti incubantium* (2).

Le *lyncurium* du grand écrivain latin, pierre de couleur d'ambre, regardée comme une concrétion provenant du lynx, et ses *Idæi dactyli*, ou doigts du mont Ida (3), ne sont aussi rien moins que des Bélemnites, qui n'existent pas en Crète. Ses *diphytes* ne sont pas davantage des empreintes ou des moules de Spirifère auxquels les naturalistes de la Renaissance ont donné le nom d'*histérolithes*.

On voit ainsi que parmi les corps organisés fossiles les plus répandus dans la nature, au moins dans les terrains secondaire et tertiaire, savoir : les Ammonites, les Bélemnites, les brachiopodes et les Nummulites, ces dernières sont les seules qu'on puisse dire avec certitude avoir été connues des anciens et suffisamment désignées par eux, puisqu'on les retrouve précisément sur les lieux où ils les ont signalées. On le conçoit d'autant mieux que les autres formes, dont on leur a attribué la connaissance, sur des suppositions ou des interprétations gratuites, manquent jusqu'à présent ou sont au moins très-rares dans les pays les plus civilisés de l'antiquité.

Tel est en résumé le bilan de la paléontologie chez les Grecs

(1) *Historia mundi*, lib. XXVI, p. 409.

(2) Chap. XXVII, p. 113, in-8. Deux-Ponts, éd. de 1794.

(3) *Ibid.*, liv. XXXVI et XXXVII. — Solinus ne fait également ici que répéter Pline. (Voy. *Polyhistor*, p. 39 et 67.)

et les Romains, du moins à en juger par ce qui nous est parvenu, car nous savons que les sciences naturelles ne laissaient pas que d'y avoir de nombreux adeptes; un auteur moderne, Faujas de Saint-Fond, qui a fait le relevé des naturalistes de ces deux nations dont les noms sont rapportés par Pline, en trouve 657, dont 431 grecs et 226 latins.

Mais s'il semble que les anciens ne nous aient laissé sur la Grèce aucune donnée géologique ou paléontologique de quelque valeur, ne nous hâtons pas de les accuser d'inaptitude pour l'observation; aucun pays n'est moins propre que l'Attique et le Péloponèse à suggérer des idées nettes à cet égard. C'est en effet un réseau de petites chaînes de montagnes soulevées, se croisant dans diverses directions, dont les couches disloquées, redressées, modifiées et pénétrées par des roches ignées, rendent encore aujourd'hui, avec toutes les ressources de la science moderne, leurs relations et leur âge fort difficiles à saisir. La Grèce, si brillante dans les lettres, les arts et la philosophie, qui vit pousser assez loin les sciences exactes et leurs applications, où la médecine, la zoologie, la botanique et de nombreuses substances minérales trouvèrent des observateurs sagaces et éclairés, ne pouvait pas être le berceau de la géologie, car nulle part les couches de son sol ne présentent cette disposition régulière et symétrique qui, dans l'Europe occidentale, révéla, bien tardivement encore, leur véritable chronologie.

Ce que nous venons de dire du sol de la Grèce peut s'appliquer à celui des îles de l'Archipel et de la plus grande partie de l'Asie Mineure aussi bien que de l'Italie, où, à l'époque romaine, l'esprit d'observation directe de la nature était peut être moins répandu encore que chez les Grecs.

Ce qui a manqué aussi au développement des sciences naturelles dans l'antiquité ç'a été l'absence de méthode, de classification, de nomenclature fixe, de collections, des ressources de la gravure pour reproduire les objets, du microscope simple et composé pour les amplifier, et par-dessus tout de l'imprimerie, ce vulgarisateur et ce propagateur par excellence de toutes les connaissances humaines.

§ 3. Moyen âge.

Pendant cette longue nuit du moyen âge qui couvrit d'un voile épais toutes les sciences chez les nations de l'Occident, Avicenne, né à Chiraz vers la fin du xe siècle (980), s'est occupé, dans son traité *De congelatione et conglutinatione lapidum*, de l'origine des montagnes et des vallées, qu'il attribue, sans se prononcer cependant, soit à des soulèvements, soit à des dénudations par les eaux, et il ajoute que sur beaucoup de roches on voit des empreintes d'animaux aquatiques qui prouvent que ces roches se sont déposées sous la mer. « Peut-être, continue-t-il, proviennent-elles de l'ancien limon de celle-ci, qui inonda autrefois le globe. » Ferdousi, dans son histoire de la Perse, parle également des montagnes qui s'élevaient et des cours d'eau qui en descendaient pour se rendre à la mer (1).

Les siècles suivants ne jetèrent en Europe aucune lumière sur le sujet qui nous occupe, et c'est à partir du xive que nous le diviserons, comme nous l'avons dit, par régions naturelles ou pays, en commençant par l'Italie.

(1) Édition de Calcutta, 1811, p. 4. Ferdousi mourut vers l'année 411 de l'hégyre.

CHAPITRE II

Italie.

Dans le domaine de l'intelligence, l'Italie fut encore, au XVe siècle, l'héritière de Byzance, comme elle l'avait été une première fois de la Grèce. Les lettres, les sciences et les arts y fleurirent de nouveau. L'histoire de la paléontologie nous y présente d'abord deux noms bien célèbres à des titres différents, mais ni l'un ni l'autre ne rappelle un naturaliste.

XIVe siècle. Boccace.

Le premier, prosateur et conteur le plus ingénieux de son pays et de son temps, est Boccace, qui, né vers le commencement du quatorzième siècle à Certaldo, près de Florence, dans une contrée où le sol est rempli de coquilles fossiles, mentionna celles-ci d'une manière toute particulière, dans son roman de *Filocopo*, écrit en 1341, comme des preuves du séjour de la mer sur les continents. A cause des idées du temps où il écrivait, l'auteur crut devoir déguiser la vérité sous une fiction mythologique.

XVe siècle. Léonard de Vinci. (1452-1519).

Le second est un des peintres les plus fameux, à la fois ingénieur, architecte et poëte, c'est Léonard de Vinci. On lit, dans les nombreux manuscrits qu'il a laissés, que la mer change l'équilibre de la terre et que les coquilles, entassées dans les différentes couches, ont nécessairement vécu dans l'endroit même que la mer occupait. Les grandes rivières, dit-il, charrient dans l'Océan les débris des terres, et les bancs ainsi formés ont été recouverts par d'autres d'épaisseurs diffé-

rentes; enfin, ce qui était le fond de la mer est devenu le sommet des montagnes (1).

A partir de cette époque et jusqu'au commencement du XIXe siècle, les recherches sur les corps organisés fossiles ont constamment occupé les naturalistes, et nous pourrions citer plus de 80 noms d'auteurs qui ont traité ce sujet sous divers points de vue; mais nous nous bornerons à rappeler ceux auxquels la science est le plus redevable, et qui, à des faits bien observés, ont su ajouter souvent des idées justes.

Au quinzième siècle, Alessandro degli Alessandri, dans son ouvrage intitulé *Dies geniales*, signale les coquilles pétrifiées des montagnes de la Calabre, dont la mer aurait recouvert les sommités, soit par suite d'un soulèvement de son lit après quelques révolutions extraordinaires, soit par un changement de l'axe de rotation de la terre qui aurait déplacé les eaux à sa surface. Cette dernière hypothèse, dont Laplace démontra de nos jours le peu de probabilité, fut donc émise trois cents ans avant les écrits de certains géologues modernes qui la présentèrent comme nouvelle. Alessandro degli Alessandri. (1461-1525).

Vers 1517, la construction de la citadelle de Saint-Félix, à Vérone, amena la découverte d'un grand nombre de coquilles fossiles qui furent le sujet de dissertations et de discussions très-animées. Fracastoro (2) démontra qu'elles ne pouvaient être attribuées au déluge de Moïse, et qu'il était absurde de recourir à l'action des forces plastiques de la nature pour expliquer leur existence en cet endroit. Il en conclut au contraire qu'elles provenaient de véritables animaux qui vécurent et se multiplièrent là où se trouvent aujourd'hui leurs dépouilles. Les montagnes ont été ainsi formées par la mer, qui, en se retirant, les a laissées derrière elle. XVIe siècle.

(1) *Essai sur les ouvrages phys. et mathém. de Léonard de Vinci, avec des fragments tirés de ses ouvrages manuscrits rapportés d'Italie*, lu à l'Institut par J. B. Venturi. Paris, 1797. — Il est singulier que Brocchi, à l'excellent *Discours* duquel nous empruntons ici de nombreux détails, n'ait pas mentionné les observations de ce grand artiste.

(2) Voy. Bonanni, *Museum Kircherianum*, p. 198.

Cardano appuya aussi cette opinion, déjà émise par les philosophes de l'antiquité; mais alors surgit la secte des scolastiques, qui appliqua aux fossiles l'idée des générations équivoques d'Aristote, idée suivant laquelle la production des coquilles dans la terre était due à certaines influences occultes.

Mattioli (1), qui le premier appela l'attention sur les poissons fossiles du mont Bolca dans le Vicentin, partagea cette erreur de son temps, et, d'un autre côté, Fallope regardait comme de simples concrétions les défenses d'Éléphant découvertes dans la Pouille.

Jusqu'en 1574 aucune vue générale n'avait été émise sur ce sujet; ce ne fut que lorsque le goût des collections minéralogiques commença à s'introduire que l'on étudia plus spécialement les fossiles, qu'on y comprenait. La plus riche de cette époque était celle du pape Sixte-Quint, où se trouvaient rassemblées beaucoup de pétrifications provenant de la Toscane, de l'Ombrie, du Véronais, des environs de Rome, etc. Elle fut décrite et les objets figurés par Mercati dans le *Metallotheca vaticana*, que publia Lancisi sous Clément XI, près d'un demi-siècle après. Mais le nombre des matériaux ni leurs caractères n'éclairèrent point davantage l'auteur sur leur véritable origine, qu'il attribua toujours à l'influence des corps célestes.

Calceolari de Vérone, dont le musée d'histoire naturelle fut décrit par G. B. Olivi, attribuait aussi les Tellines, les Chames, les Peignes, les cornes d'Ammon, les Nautiles, etc., à de simples jeux de la nature (2).

André Césalpin, le premier botaniste qui traita des végétaux à un point de vue méthodique, en les rangeant d'après un système fondé sur la fructification, s'occupa des os d'Éléphant découverts à San Giovanni, dans le Val d'Arno, reconnaissant que c'étaient des corps organisés abandonnés par la mer.

(1) *Discorsi sopra Dioscoride*, lib. V, Introd. Ed. 4ª, 1551; ed. 1ª, 1544.

(2) *De reconditis et præcip. collectan. à Franc. Calceolario Veron.*, etc. Verona, 1584, et Venezia, 1595.

Enfin le XVI[e] siècle fut clos, en Italie, par un ouvrage de Ferrante Imperati (1), où l'auteur s'occupe des zoophytes, moins connus alors que les coquilles. Mais la question de l'origine des fossiles resta tout aussi obscure qu'auparavant, et de 1602 à 1626 les auteurs qui traitèrent ce sujet ne furent guère plus heureux.

Alors Fabio Colonna, qui plus qu'aucun de ses prédécesseurs s'approcha de Linné par la sagacité de son esprit, s'occupa des pétrifications des environs d'Andria, dans la Pouille, et de Campo Chiaro, où il signala les *Anomia terebratula*, *gryphus* et *lacunosa* (2). On lui doit la première description scientifique du type de cette grande famille des brachiopodes, que nous verrons jouer un rôle si important dans toutes les faunes marines, depuis les plus anciennes jusqu'à celles de nos jours. Il désigna les Térébratules sous le nom de *Concha anomia*, reproduit dans tous les ouvrages jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle, où l'on adopta définitivement celui de *Terebratula*, introduit par Lhwyd dès 1699.

XVII[e] siècle. F. Colonna, etc.

F. Colonna paraît avoir été un des premiers qui aient distingué dans les fossiles le test propre des coquilles de leurs moules, empreintes et contre-empreintes. Le premier aussi il reconnut que toutes les espèces fossiles n'étaient point d'origine marine et qu'il y en avait de terrestres et d'eau douce. Il prouva que les Glossopètres n'étaient point des langues de serpent pétrifiées ou de simples pierres, comme on le croyait, mais bien des dents de poissons du genre *Carcharias*, mêlées avec les Buccins, les Huîtres et autres productions de la mer. Il ne put néanmoins ramener à la vérité ses collègues de l'Académie des Lincei, ni détruire les vieilles erreurs, ce qui est d'autant plus particulier que cette institution avait été fondée précisément pour combattre les idées sur les propriétés occultes

(1) *Storia naturale*, in-f°, Naples et Venise, 1672; — in-4 en latin, Cologne, 1692.

(2) *Osservazioni sugli animali acquatici e terrestri*; supplém. au traité *de Purpura*, etc., 1616.

des corps et la doctrine de la génération par la putréfaction. Vers ce temps, l'emploi du microscope, qui s'était répandu, permettait une étude plus approfondie de la structure intime des êtres organisés.

En 1640, nous voyons D. Sala rassembler de nombreuses pétrifications provenant des collines du Vicentin, puis se former à Bologne le cabinet d'Aldrovande, dont Ambrosini a donné la description sous le titre de *Museum metallicum*. On y trouve représenté pour la première fois ce beau fossile si commun dans les collines tertiaires supérieures du Bolonais, la *Concha polyginglima* de Scheuchzer (*Perna maxillata*, Lam.) et d'assez nombreux débris de vertébrés (poissons et mammifères).

1656-1664. Les descriptions de musées particuliers, telles que celles de la collection Moscardi de Vérone, de Settaliano, à Milan, etc., se multipliaient sans détruire les préjugés, faute d'une étude directe plus attentive de la nature, et aussi par la crainte de froisser les opinions générales ou intéressées, toujours opposées à la manifestation de la vérité. Ce dernier motif, comme nous aurons occasion de le faire remarquer ailleurs, a été certainement le plus puissant pour comprimer l'essor naturel de l'esprit humain pendant le XVII[e] siècle comme dans le précédent.

N. Sténon. Ainsi Sténon, né à Copenhague en 1638, mais qui résida longtemps à Florence, à la cour du grand-duc, publia en 1667 l'anatomie de la tête d'un Squale, et quoiqu'il en tirât la conviction que les Glossopètres provenaient d'animaux voisins, il émit cette opinion avec une telle réserve qu'il ne convainquit personne.

Dans son *Prodrome d'une dissertation sur le solide contenu naturellement dans un autre solide* (1), il s'est attaché à démontrer que le test des coquilles est formé par une matière que sécrète le corps de l'animal, opinion que nous verrons plus

(1) Nicolai Stenonis *de Solido intrà solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Florentiæ, 1669, et une éd. de Lugd. Batav. 1679.

tard Réaumur soutenir contre Méry et Hérissant, qui le faisaient croître comme les os de vertébrés.

Sténon a constaté les rapports des fossiles avec les couches sédimentaires qui les renferment et la véritable origine des uns et des autres. Il a distingué le premier les couches formées dans la mer de celles déposées dans les eaux douces, ainsi que les caractères des coquilles des unes et des autres. L'explication qu'il a donnée du mode de formation des dépôts de sédiments est très-juste au point de vue mécanique et physique, comme sous celui de leur position relative et de leurs formes normales. Il en conclut que les couches qui sont aujourd'hui perpendiculaires ou inclinées à l'horizon lui étaient parallèles lors de leur formation. La première cause qui les aurait ainsi placées sur leur tranche aurait été une violente secousse imprimée de bas en haut, soit par l'effort de vapeurs qui tendaient à se dégager de l'intérieur, soit par la chute des strates après l'enlèvement de ceux qui leur servaient d'appui. Ces effets rendraient compte des inégalités de la surface terrestre, telles que les montagnes, les vallées, etc.

Ces changements dans la position des couches de la terre, cause première des reliefs de sa surface, constituent non-seulement l'idée fondamentale de la théorie de Sténon, mais sont devenus aussi la base de celles de nos jours, les plus en faveur à juste titre, et il a fallu un siècle et demi pour faire triompher une vérité aussi simple en apparence.

Les dislocations des couches, continue-t-il, ont frayé le passage aux sources des montagnes, à des courants d'air, à des exhalaisons fétides, à des produits de combustion, à tous les contenus des filons, tels que les minéraux déposés sur les parois et à l'intérieur des fentes, produits qui sont tous postérieurs aux roches qui les renferment et résultent de la condensation des vapeurs provenant de l'intérieur.

Après avoir ainsi exposé une théorie presque complète des phénomènes géologiques les plus essentiels, Sténon s'est attaché à en faire l'application à la Toscane, où il a distingué six périodes ou six états différents de sa surface. Celle-ci aurait été

deux fois submergée, deux fois émergée ou portée au-dessus des eaux, et deux fois aurait été sillonnée de rides montagneuses. Voulant ensuite appliquer ces considérations au reste de la terre, il s'efforce de faire concorder ces périodes avec le texte de la Genèse, et s'écarte de l'observation directe des faits pour se livrer à des hypothèses gratuites, mais évidemment, comme il le dit lui-même, pour qu'on ne s'effraye pas d'une manière de voir si nouvelle.

Deuxième moitié du XVIIe siècle. Buonamici. Scilla, Quirini, etc.

Vers ce temps, Francesco Buonamici publia une dissertation sur les Glossopètres, les yeux de serpent, les baguettes de saint Paul et autres pierres figurées des îles de Malte et de Gozzo (1), dissertation dans laquelle il donne de nombreux détails sur les gisements particuliers de ces divers corps, qu'il ne regarde pas comme d'origine organique.

Dans sa *Vana speculazione disingannata dal senso* (2), Scilla stigmatise les préjugés et les erreurs de son temps. Il y rassemble et représente une grande quantité de fossiles : bivalves, univalves, échinides, polypiers, poissons et dents ou Glossopètres provenant de divers squales, attribuant le tout comme Colonna au déluge de Noé, car l'opinion que les corps fossiles ou pétrifiés pouvaient avoir été laissés par la mer sur les montagnes commençait à prévaloir. Aussi les théologiens ne manquèrent-ils pas de s'emparer de l'argument pour prouver une tradition d'origine sacrée qui, par cette raison même, n'avait pas besoin de preuves physiques, tandis que de leur côté les philosophes, s'efforçant de déraciner les vieilles erreurs, croyaient accréditer la vérité en la mettant sous le manteau de la religion. Mais on conçoit que cette association de deux ordres d'idées si différentes ne pouvait jamais jeter qu'une fausse lumière sur ce sujet.

En 1676, G. Quirini, décrivant les fossiles du musée Septi-

(1) *Opusculi siciliani*, t. XII, 1668.

(2) *Lettera risponsiva circa i corpi marini che petrificati si ritrovano in varii luoghi terrestri*, in-4. Naples, 1670. — *De corporibus marinis lapidescentibus*, in-4. Roma, 1747-1752.

liani (1), nia ouvertement la probabilité que le déluge ait été universel, et que des coquilles pesantes aient pu être ainsi portées et déposées par les eaux sur les montagnes. Elles n'ont pu, dit-il, naître et se développer dans ces eaux diluviennes qui ont trop peu séjourné à la surface, et de plus l'abondance des pluies, telle qu'elle est rapportée, aurait fait perdre à l'eau de mer une partie de sa salure.

Giacomo Grandi, auteur du *Musée Cospiano* (2), et Bonanni, dans ses *Récréations de l'esprit et de l'œil* (3), contribuèrent peu à l'avancement des connaissances sur ce sujet. En 1688, on découvrit à Vitorchiano, sur le territoire de Viterbe, d'énormes ossements semblables à ceux que l'on connaissait déjà sur d'autres points et que l'on attribuait généralement à une race éteinte de géants. Campini voulut s'en assurer directement; mais, comme il n'y avait point à Rome de squelette d'Éléphant, il se procura les modèles des parties qu'il avait à comparer, exécutés d'après le squelette de la galerie de Médicis à Florence, et, ayant reconnu que ces pièces s'accordaient fort bien, il n'hésita pas à déclarer que les prétendus os de géants qui se trouvaient alors dans les diverses collections d'Italie n'étaient que des ossements d'Éléphant (4). Telle fut, dit Brocchi, la première observation d'anatomie comparée, appliquée à la connaissance des vertébrés fossiles. La découverte d'un squelette d'Éléphant à Tonna, dans le district de Gotha, publiée par Tenzel, est de sept ans postérieure à cette déclaration de Campini.

Vers la fin de ce siècle, Ramazzini (5) assigna aux sédiments de la plaine du Pô l'origine que les prêtres de Memphis attribuaient au delta du Nil. Il remarqua, en outre, qu'aux environs de Modène l'eau se rencontrait constamment, lorsqu'on creusait des puits, à la profondeur de 20 mètres, et qu'en remontant

(1) *De Testaceis fossilibus musei Septiliani*, 1676.
(2) *Museo Cospiano*, 1677.
(3) *Ricreazione della mente e dell' occhio*, 1681.
(4) *Ephem. nat. curios. ann.* 1688, obs. CCXXXIV.
(5) *De miranda fontium mantinensium scaturigine*, 1696.

elle se maintenait au même niveau. Les dépôts traversés sont des argiles coquillières, alternant avec d'autres terreuses et marneuses, renfermant des troncs, des feuilles, des roseaux et d'autres débris de végétaux; au fond on rencontrait du charbon, des fragments ferrugineux et de grands ossements qui firent supposer que la Lombardie n'était qu'un ancien lit de l'Adriatique, dont le fond avait été successivement relevé par les matériaux que transportaient les eaux venant des Alpes et des Apennins. L'explication qu'a donnée Leibnitz de l'élévation de l'eau dans les puits de Modène prouve qu'il était beaucoup moins avancé sur l'hydraulique naturelle que Bernard Palissy, qui écrivait plus d'un siècle auparavant.

Ainsi, dans le cours du XVIe et du XVIIe siècle, on ne trouve guère en Italie, à quelques exceptions près que nous avons signalées, que des collections de faits de peu d'intérêt ou bien donnant lieu à d'interminables discussions. Pendant le XVe siècle, les erreurs avaient été moins systématiques peut-être et moins généralement soutenues. Dans les deux suivants, le petit nombre d'idées justes qui se font jour çà et là sont impuissantes pour détruire les idées fausses et les préjugés qui prenaient leur source dans des textes mal interprétés, et il ne se passa pas moins de deux siècles avant que les coquilles fossiles aient été reconnues pour le produit de véritables animaux marins, et que les végétaux pétrifiés aient été admis pour ce qu'ils sont réellement.

La principale occupation des savants d'une de ces périodes est de combattre les préjugés de ceux de la précédente, puis de leur en substituer d'autres qui sont attaqués à leur tour. Les uns luttent Aristote à la main, les autres en s'appuyant sur la Bible. L'autorité, régnant partout sans contrôle, tient lieu de faits, d'observation et de démonstration. Les phénomènes de la nature s'expliquent par l'intervention de causes surnaturelles, c'est-à-dire qu'on n'explique rien.

XVIIIe siècle. Baglivi, Ghedini, Bonanni, etc.

Avec le XVIIIe siècle la conchyliologie fossile semble prendre une meilleure direction, par suite du nombre toujours croissant des coquilles connues à l'état vivant et qui facilitent les compa-

raisons et des idées géologiques qui tendant à se développer avaient besoin de s'appuyer sur ces témoins des anciens âges de la terre. Cependant le premier auteur que nous avons à rappeler, Baglivi (1), ne laisse pas que de l'emporter sur beaucoup de ses devanciers par la bizarrerie de son hypothèse, d'ailleurs soutenue avec un certain talent, savoir, que les pierres possèdent la faculté de s'accroître par une sorte de nutrition. De son côté, Ghedini, en 1705, regardait les Bélemnites des environs de Bologne comme des concrétions résultant d'une cristallisation confuse, opinion réfutée par les membres de l'Institut de cette ville.

Dans la collection de Kircher, Bonanni (2) mentionne seulement les coquilles fossiles du Bolonais, du Volterrais, du Siennois, des environs de Civita-Vecchia, les oursins de la Calabre et des défenses d'Éléphant; le P. Kircher (3) lui-même avait décrit la grotte de Palerme, remplie, comme on sait, de débris de mammifères.

Galeazzi étudie, en 1711, le mont San Pellegrino en Grafagnana, puis ceux de Pradalbino et de Biancano, dont il mentionne les nombreux fossiles. Les restes de mâchoires et les défenses cités dans les marnes bleues de cette dernière localité par J. Monti (4), l'un des membres les plus distingués de l'Institut de Bologne, et rapportés à un cétacé, ont été reconnus plus tard pour avoir appartenu à un Mastodonte. Le même savant, observant les coquilles lithophages dans une roche située le long d'un torrent du Bolonais et les comparant avec celles qui vivent encore dans le macigno calcaire des côtes de la Dalmatie et d'Ancône, déclara que les premières étaient différentes et constituaient des espèces nouvelles. Il se prononça de même à l'égard de l'*Ostrea polyginglima* de

Galeazzi, Monti.

(1) *De vegetatione lapidum*, 1703.
(2) *Museum Kircherianum*, in-f°, 1709.
(3) *Mundus subterraneus*, 1664.
(4) *Comm. Bonon.*, vol. II, part. II, p. 52, 285 et 339; — vol. III, p. 323; — *De Monum. diluviano. Bononiensi*, in-4. Bologne, 1719.

Scheuchzer, qu'il décrivit et représenta de nouveau. Il reconnut que les coquilles fossiles du mont San Luca, près de Bologne, n'avaient point leurs analogues dans les mers d'Europe et qu'elles devaient provenir de l'océan Indien. Malgré la difficulté de prouver alors une pareille assertion, on doit savoir gré à l'auteur d'avoir compris la nécessité de comparer les coquilles vivantes et fossiles et de chercher dans les premières les représentants des secondes. Il observa aussi au Monte Maggiore des Balanes en place, qui avaient conservé leur coloration première.

Vallisnieri, Zannichelli, etc.

Jusqu'à présent nous n'avons guère vu que des naturalistes collectant les faits sans les coordonner ; Vallisnieri (1) est un des premiers qui ait porté ses vues plus loin et se soit occupé sérieusement de la géologie de l'Italie. En combattant l'hypothèse de Woodward, il traça la disposition générale des dépôts marins, fit voir comment ils s'étendaient dans le Frioul, le Vicentin, le Véronais, les territoires de Reggio, de Modène, de Bologne, le long de la Romagne, puis au midi, dans les environs de Messine, sur le versant méridional, le long de l'Apennin, en Toscane, dans le Pisan, le Livournais et le pays génois. L'auteur conclut de tous ces faits qu'à une certaine époque la mer occupait cette surface, qu'elle y séjourna longtemps et que cette circonstance fut tout à fait indépendante de la catastrophe passagère du déluge de Noé.

En poursuivant ses recherches, Vallisnieri constata la présence des dépôts marins de Fossombrone sur le territoire d'Urbino, puis dans l'État de Parme et au delà ; il signala quelques-unes des éminences de même nature qui longent le pied des Alpes lombardes, et il se proposait d'en déterminer les altitudes à l'aide du baromètre pour comparer leur niveau avec celui des couches supposées contemporaines de la Romagne. Enfin, il y joignit un travail graphique de la localité du mont Bolca, déjà célèbre par le nombre et la belle conservation de ses ichthyolithes ou poissons fossiles (2).

(1) *Dei corpi marini che sui monti si trovano*. Ven., 1721.
(2) *Opere*, vol. II, p. 359.

De son côté, Zannichelli (1) rassemblait à Venise les éléments d'une riche collection de fossiles, mais sans adopter néanmoins aucune vue suivie ou systématique sur leur origine et leur arrangement. Dans une description des monts Zoppica et Boniolo, dans le Véronais, il mentionne et figure quelques Numismales qu'il n'hésite pas à regarder comme de véritables coquilles (2). Vers ce temps, l'idée qu'il y avait entre la mer et les terres émergées une communication souterraine, par laquelle pouvaient s'introduire les produits de la première dans les secondes, était vivement soutenue par les membres de l'Institut de Bologne, mais n'eut aucune faveur parmi les naturalistes toscans, tels que Baldassari, Bastiani, Targioni, etc.

En 1737, Spada (3) donna une dissertation dans laquelle il s'efforça de prouver que les corps marins pétrifiés ne provenaient point du déluge; il publia ensuite une énumération des fossiles du Véronais, dans laquelle il suit l'ordre adopté par Langius, en précisant le lieu et les caractères de la roche qui les renferme. Un dessin du mont Bolca fait voir les relations stratigraphiques des couches à poissons et à Nummulites. Piccoli (4) décrit une grotte du même pays, remplie d'ossements de grands mammifères, et publia une carte où se trouvent indiqués les points les plus riches en pétrifications, telles que crustacés, astéries, madrépores, baguettes d'oursins (pierres syriaques) et les cornes d'Ammon, très-répandues dans les couches calcaires des monts d'Alfaedo et d'Erbezo, où elles sont associées à des Térébratules. Ainsi commence à se manifester le besoin de relier entre elles les données paléonto-

(1) *Apparatus variorum*, etc. Ven., 1720. — *Enumeratio rerum*, etc., 1736.

(2) *De Litograph. duorum montium Veronensium*, 1721.

(3) *Dissertazione ove si prova che i corpi marini petrificati non sono diluviani*. Verona, 1737. *Corporum lapidefact. agri Veronensis catalogus*, etc., aut *Catalogus lapidum Veronensium*, etc. Veron., in-4, 1739. *Catalogi lapid. Veron.* Mantissa, 1740; — ed. aucta, in-4, 1744.

(4) *Ragguaglio di una grotta ove sono molte ossa di belue diluviane in monti Veronesi*, etc., in-4. Verona, 1739.

logiques et à naître les premières indications de cartes géologiques.

Coquilles microscopiques. — Beccari, Plancus, Soldani.

Nous interromprons un moment ici notre revue chronologique pour grouper ensemble quelques travaux remarquables qui se rapportent à un sujet entièrement méconnu jusque-là.

L'harmonie des œuvres de la nature, la pondération ou l'équilibre des diverses manifestations des forces vitales, la transformation incessante de la matière et cette admirable prévoyance qui, par l'action directe de certains organismes, soustrait à l'atmosphère les miasmes délétères qu'y répandrait a décomposition des animaux après leur mort, tout cela avait été compris ou du moins aperçu par les anciens, et nul ne l'a exprimé dans un plus magnifique langage que Lucrèce. Cependant un ordre entier de phénomènes très-complexes devait échapper aux philosophes, de même qu'aux naturalistes et aux poëtes de l'antiquité, et cela sans qu'on pût leur en faire de reproche, car cet ensemble d'organisme auquel nous faisons allusion ou bien échappe complétement à l'œil nu, ou ne peut être suffisamment apprécié qu'à l'aide d'instruments grossissants dont les anciens ignoraient les propriétés et l'application. Il fallait, en effet, que le microscope simple ou composé fût inventé pour qu'un nouveau monde se révélât aux observateurs, et ce ne fut que vers le commencement du XVIIe siècle que ce puissant moyen d'investigation leur fut donné.

Ainsi que nous l'avons dit en commençant, ce sont, dans chaque règne, les organismes les plus inférieurs qui ont joué le plus grand rôle dans la formation des couches de sédiment, et c'est dans la période qui nous occupe que les animaux marins, dont l'extrême petitesse permet à peine la distinction à la vue simple, ont trouvé en Italie leurs premiers historiographes. C'est l'Italie du XVIIIe siècle qui a vu naître et se développer cette branche si importante des sciences naturelles, en même temps pour les animaux vivants et pour les fossiles, par suite de cette circonstance que les sables des plages de l'Adriatique, autour de Rimini, en sont presque exclusivement composés, et que les marnes sableuses ter-

tiaires des collines subapennines en renferment une prodigieuse quantité. Trois naturalistes ont consacré une partie de leur vie à cette étude spéciale et nous ont laissé dans leurs ouvrages de vrais modèles de patience. Ce sont Beccari, Plancus et Soldani.

Le premier, vers 1729, créa cette nouvelle conchyliologie en décrivant d'abord une petite espèce de polythalame de forme nautiloïde, à laquelle Linné donna le nom de *Nautilus Beccarii*. L'enroulement de la spire et sa division par des cloisons transverses lui donnaient une grande ressemblance avec les cornes d'Ammon, rapprochement qui fut longtemps adopté comme pour toutes les autres formes analogues répandues à profusion dans les marnes sableuses marines du nord de l'Italie. Beccari en compta plus de 1500 dans 2 onces de ce sable micacé, silicéo-calcaire (1).

Dix ans après, G. Bianchi, plus connu sous le nom de J. Plancus, annonça qu'il avait trouvé sur la plage de Rimini l'analogue vivant de la petite corne d'Ammon fossile, et que ses dimensions étaient telles qu'il en fallait 130 pour faire un poids égal à celui d'un grain de blé. Il en détermina un grand nombre d'autres espèces, toujours classées avec les Nautiles et les cornes d'Ammon, à cause de leurs divisions intérieures. Son ouvrage (2) contribua beaucoup à étendre les connaissances sur ce sujet, et plus tard il signala, à un mille de Sienne, un gisement de ces coquilles microscopiques analogues à celles des plages de Rimini.

Plus tard, Soldani, appliquant aussi la loupe à l'examen des argiles, des tufs et des sables du Volterrais, du Val d'Arno, de Cosentino, de la Maremme, des environs de Florence, d'A-

(1) *Comm. Bonon.*, vol. I, p. 62. — Voy. aussi, Bassi : *De quibusdam exiguis madreporis agri Bononiensis*, in-4, 1757. (*Comm. inst. Bon.*, vol. IV.)

(2) *De Conchis minùs notis in littore Ariminiensi*, in-4. Venise, 1739; — alt. ed. Roma, 1760, in-4 avec 19 pl. — Voy. aussi *Mem. di fisica e di stor. nat. Lucca*, vol. I, p. 204, 1742.

rezzo, etc., y trouva partout un aliment à sa patiente sagacité. Son *Essai sur les terres nautiliques de la Toscane* (1) apporta dans la science une multitude de coquilles provenant de fort petits animaux marins presque invisibles, et regardés toujours comme des Nautiles et des Ammonites, erreur bien excusable alors et qui régna même jusqu'en 1835. En n'assignant point de noms particuliers à ces formes si variées, décrites et représentées avec soin et même groupées suivant certaines analogies, Soldani n'a pas autant contribué à avancer leur étude qu'il aurait pu le faire s'il eût mis à profit et leur eût appliqué les principes de la classification de Linné déjà répandue alors.

De 1789 à 1797 il publia un autre ouvrage très-considérable (2) sur les coquilles microscopiques du littoral des îles de Giglio, d'Elbe, de Castiglioncello, de Massa, etc., ouvrage dans lequel il fait remarquer que ces petits corps ne sont point les jeunes d'espèces qui grandissent avec l'âge, mais sont parfaitement adultes. Les espèces diverses occupent d'ailleurs des profondeurs différentes, ce qui explique, ajoute-t-il, pourquoi celles qui sont fossiles ne se trouvent pas non plus mélangées indifféremment dans toutes les couches.

Soldani a signalé, en outre, la présence de coquilles lacustres au fond de la mer, de même que sur plusieurs points du Siennois où des dépôts d'eau douce sont intercalés dans des sédiments marins. Enfin, il a donné une attention particulière aux couches lacustres déposées dans d'anciens lacs du val d'Arno, à Stagia, Sarteano, à Calle, etc.

Théories géologiques de Lazzaro Moro et d'Arduino.

La géologie, qui, comme nous l'avons dit, tendait peu à peu à sortir de l'obscurité où elle avait été si longtemps reléguée, reçut en Italie, vers le milieu du XVIIIe siècle, une assez vive impulsion par suite des idées théoriques de Lazzaro Moro et plus encore des observations d'Arduino.

(1) *Saggio orittografico overo osservazioni sopra le terre nautiliche e ammonitiche della Toscana*, in-4 avec 25 pl. Sienne, 1780.

(2) *Testaceographia et zoophytographia parva e microscopica*, in-4 avec 179 pl. — 1789-1797.

En 1740, Ant. Lazzaro Moro (1) développa un système dans lequel il attribue à des explosions sous-marines fréquemment répétées la formation des montagnes et des plaines ainsi que celle des îles, et combat les hypothèses diluviennes de Burnet et de Woodward. L'apparition des petites îles de Mikro et de Néo-Kaïmeni dans le groupe volcanique de Santorin et les phénomènes qui accompagnèrent la formation du onte Nuovo, près de Naples, semblent avoir servi de point de départ à cette théorie. Suivant l'auteur, le globe fut primitivement entouré d'eau. Le troisième jour de la création, la croûte qui constituait le fond de la mer fut soulevée çà et là, et les montagnes primitives résultèrent de ces mouvements. Leurs roches ne renferment point de fossiles. Plus tard il s'éleva de l'intérieur de la terre des torrents de lave et d'autres substances qui s'accumulèrent au fond de la mer et qui furent soulevés à leur tour par les mêmes agents. Avec ce second phénomène furent apportées diverses substances, telles que le sel, le soufre et le bitume. Par suite, les eaux devinrent salées, les animaux s'y développèrent, la terre se peupla vers le même temps, et les éruptions ignées continuant à se produire donnèrent lieu aux alternances de dépôts sédimentaires et éruptifs que l'on observe, en effet, dans le voisinage des volcans.

Ces idées, malgré leur peu de vraisemblance et le petit nombre de faits qui pouvaient les appuyer, eurent un grand retentissement. L'ouvrage de L. Moro fut traduit en allemand, les recueils scientifiques en donnèrent des extraits dans diverses langues, et en Italie il fut soutenu vivement par le père Generelli, par les savants et les antiquaires.

De son côté, G. Arduino (2) divisa les montagnes du Pa-

(1) *Dei crostacei e degli altri marini corpi che si trovano su i monti*, in-4. Venezia, 1740. — Traduc. allem. Leipzig, 1751. — Jena, 1755, etc.

(2) *Giorn. di historia naturale del Griselini*, 1759. — Nous citons ce recueil d'après quelques bibliographes, mais nous n'avons pu consulter le mémoire original. Ce que nous en disons est puisé dans l'article qu'a publié Desmarest en 1795 (*Encyclop. méthod.*, *Géographie*, *Physique*, vol. I an III)

douan, du Vicentin et du Véronais en *primitives*, *secondaires* et *tertiaires*, relativement à la nature de leurs matériaux, à leur position inférieure ou supérieure et aux différentes époques de leur formation.

Les *montagnes primitives* sont composées de schistes qui s'étendent sous les montagnes calcaires qu'elles supportent, et sont, par conséquent, plus anciennes. Ces schistes micacés, quelquefois luisants, traversés par des veines de quartz, sont par places flexueux et ondulés. Quant à cette dénomination de *primitive*, elle est purement relative au pays observé, car si, comme Arduino le supposait lui-même, il y avait du granite au-dessous, c'est à celui-ci qu'elle devrait être réservée.

Les *montagnes secondaires* sont pour la plupart formées de calcaires compactes, disposés en couches suivies et renfermant des corps organisés pétrifiés. Ces couches diffèrent entre elles par leur dureté, la finesse de leur grain, leur composition, leur teinte et par les espèces de corps marins qu'elles recèlent, puisque, suivant l'auteur, il n'y en aurait que d'une seule dans chacune d'elles.

On distingue dans les Alpes calcaires cinq lits ou divisions principales, dont les caractères sont bien indiqués et qui sont surmontés par la *scaglia*. Cette dernière est un calcaire rempli de cailloux de diverses couleurs, accumulés par places, en nids ou en couches, et qui s'enfonce à son tour sous les montagnes tertiaires, s'appuyant de l'autre côté sur les pentes des montagnes volcaniques du Padouan. Elle semble avoir été soulevée par les éruptions de roches ignées qui se sont fait jour à travers. Ayant été détruite par places, elle manque çà et là à la surface des Alpes calcaires.

Arduino a remarqué sur ces dernières et à leur sommet des

qui n'indique ni le titre ni la date du mémoire. On peut s'étonner que Brocchi, si exact et si complet dans son *Discours sur le progrès de la conchyliologie fossile en Italie*, ne fasse aucune mention d'un travail aussi remarquable que celui d'Arduino. Il mentionne seulement la découverte que ce dernier aurait faite de dents de Crocodile dans la colline de la Favorite. (*Giorn. del Griselini*, vol. I, p. 204.)

blocs, plus ou moins volumineux, de granite, de quartz et de talcschiste provenant des véritables montagnes primitives du Tyrol situées au nord-ouest, et complétement étrangers aux roches des environs. Ces blocs sont à une grande élévation au-dessus du niveau de la mer, et l'auteur insiste sur l'impossibilité qu'ils aient pu être transportés et déposés par l'action des cours d'eau actuels. Il ne propose d'ailleurs aucune explication de leur présence et de leur position si loin de leur origine.

Les *montagnes tertiaires* ou collines peu élevées, formées de petites couches de pierre à chaux qui renferment des pétrifications et de petits lits de sable et d'argile, sont postérieures aux secondaires et reposent en partie dessus et en partie à côté. Elles remplissent d'anciennes vallées, et sont encore placées à des hauteurs considérables. Leurs matériaux proviennent des montagnes secondaires, et, comme celles-ci, elles ont éprouvé des bouleversements et des changements occasionnés par les volcans, dont les produits ont enveloppé des fragments de roches avec des fossiles. Les monts Berici, près de Vicence, et les collines de Montecchio sont célèbres par leurs pétrifications. Arduino donne des détails très-circonstanciés sur la colline de Brendola, non loin de Vicence, sur la vallée de Ronca, où les fossiles s'observent dans les calcaires au milieu de produits volcaniques, sur les plantes, les coquilles et les poissons des environs du mont Bolca, etc.

Dans les *montagnes volcaniques*, les alternances de produits ignés et de dépôts sédimentaires coquilliers ont été parfaitement observées et décrites, « et, ajoute l'auteur, cette succes-
« sion de révolutions dues successivement au feu et à l'eau, a,
« sans contredit, occasionné une grande confusion et un mé-
« lange surprenant de dépôts sous-marins et de produits volca-
« niques comme dans les montagnes des environs de Ronca. »

Un moyen de se rendre compte de l'exactitude d'une description géologique, c'est de construire soi-même, d'après les données de l'auteur, un profil du pays, et le plus ou moins de facilité que l'on aura pour ce travail étant en rapport avec la justesse et la clarté de ses vues pourra donner la mesure de leur

mérite. Or, si l'on trace du nord-ouest au sud-est une coupe des Alpes du Vicentin aux monts Euganéens, en y introduisant les données fournies par Arduino, non-seulement cette construction sera très-facile, mais encore on sera frappé de l'analogie du résultat avec celui que l'on obtient d'après les observations les plus récentes.

Arduino appliquait donc en 1759 au nord de l'Italie des idées plus justes encore, à certains égards, que celles de Sténon, relativement à la Toscane un siècle auparavant, et tout à fait conformes à celles de nos jours, de sorte que la géologie stratigraphique, dans ce qu'elle a de plus essentiel, avait été déjà parfaitement comprise dans ce pays à l'époque dont nous parlons.

Vers le même temps, Ferber (1), minéralogiste suédois, appliquait des principes analogues dans sa description des différents massifs de terrain observés pendant deux voyages de Vérone à Innspruck et de Vienne à Venise. Il remarqua très-bien que la série des roches calcaires, schisteuses et granitiques vers l'axe de la chaîne, se reproduisait dans le même ordre sur les deux versants opposés.

Auteurs de la seconde moitié du XVIIIe siècle.

Si nous reprenons actuellement l'examen des travaux moins spécialement géologiques, nous verrons qu'après Matani, qui s'est occupé des environs de Pistoie, et Schiavo, de la Sicile (1748), Donati (2), en étudiant les produits organiques et inorganiques du lit de l'Adriatique, a cherché à se rendre compte de la formation des conglomérats coquilliers. Il a constaté que le fond de la mer a la plus grande analogie avec la surface du sol émergé aux environs et qu'il s'y forme encore des roches ou agrégats de lumachelle et de tuf dans toute l'étendue de son lit. Il s'est occupé des fossiles des diverses parties de l'Istrie, et il a signalé des os de mammifères dans un rocher, près de l'île de Rogosniza, sur le territoire de Sebenico et vers Dernis, près de

(1) *Lettres sur la Minéralogie*, traduites par le baron de Dietrich, p. 105, 495, etc.

(2) *Historia natural. marina del Adriatico*, Venezia, 1750.

la rivière Cicola. Targioni (1), dans ses voyages en Toscane, a particulièrement décrit les pierres lenticulaires de Casciana et de Parlascio, dont il fait des polypiers; il place les Bélemnites parmi les coquilles polythalames, à cause du cône alvéolaire cloisonné intérieur; il mentionne un grand nombre d'ossements de ruminants, de solipèdes, de carnassiers et de pachydermes provenant du val di China, du val Ombrosa et surtout du val d'Arno inférieur et supérieur, animaux qui ont dû vivre sur les lieux mêmes.

Pendant que Donati explorait l'Adriatique pour y déterminer les stations des animaux vivants, Baldassari s'occupait de recherches analogues sur les fossiles du Siennois (2). Il y reconnut, comme déjà l'avaient fait Marsigli dans le Parmesan, Spada dans le Véronais et Schiavo en Sicile, que ces restes organiques n'étaient pas mêlés confusément, mais au contraire distribués par familles, de telle manière que sur certains points dominaient les Arches, sur d'autres les Peignes, les Vénus, les Murex, etc., et cela suivant la nature de la roche. Il constata la disposition régulière de ces fossiles dans les diverses couches des montagnes, la position naturelle des polypiers qu'on y rencontre, la perforation des roches par les coquilles lithophages, mais il ne se prononça pas sur les questions théoriques que soulèvent ces faits, savoir, si la mer s'était retirée brusquement ou graduellement, si les animaux et les végétaux que l'on croyait propres à la zone torride avaient été transportés de cette région vers le nord, ou si la température du pays était alors plus élevée que de nos jours. Il découvrit au mont Fullonico une mâchoire provenant d'un très-grand animal qu'il compara à celle que Guettard avait décrite dans le même temps et qui provenait du Canada; elle fut reconnue depuis pour avoir appartenu à un Mastodonte. Plus tard le même savant, dans ses observations et expériences sur les eaux et les bains de Montalceto (3), a donné beaucoup de

(1) *Relazioni di alcuni viaggi in Toscana*, 2e éd., 1768-79.

(2) *Atti di Siena*, t. III, p. 243, 1767. (1756-1779.)

(3) *Osservazioni ed esperienze sulle acque e sui bagni di Montalceto*, 1779.

détails sur les fossiles des environs, citant toujours la *Concha polyginglima* des anciens auteurs et la présence de coquilles lithophages (*Mytilus lithophagus*) dans un roche essentiellement siliceuse, fait qui a été controversé jusque dans ces dernières années.

Dans son oryctographie piémontaise (1), C. Allioni a le premier traité de la conchyliologie fossile restreinte à une seule partie déterminée de l'Italie. Il a rangé les espèces suivant l'ordre adopté par Gualtieri, et en compte plus de quatre-vingts avec quelques polypiers, des oursins et d'autres fossiles décrits et figurés par ses prédécesseurs. On doit à J. Odoardi (2) un mémoire sur les fossiles marins du Feltrino. Il en mesura aussi les montagnes avec le baromètre, distingua les débris organiques de la marne cendrée de ceux du calcaire rouge, rempli de cornes d'Ammon et placé sous un grès brun (ce sont les montagnes secondaires de Arduino). Il remarqua que la direction des bancs calcaires différait de celle des grès et en conclut qu'ils avaient été déposés à des époques différentes, représentant ainsi les uns et les autres d'anciens lits de la mer. L'auteur explique ces changements par un déplacement du centre de gravité de la terre, opinion déjà émise dès le XVe siècle.

Le catalogue du musée Ginanni, que donna Zampieri d'Imola (3), est un travail remarquable par son excellent esprit de critique, son érudition, sa méthode de classification, et dans lequel se trouvent cités beaucoup de fossiles de diverses parties de l'Italie, entre autres de nouvelles espèces bien figurées de poissons du mont Bolca.

Vito Amici, dans sa dissertation sur les testacés de la Sicile (4), démontra le peu de fondement du système de Laz-

(1) *Specimen oryctographiæ Pedemontanæ exhibens corpora fossilia terrâ adventitia*, in-8. Paris, 1757.

(2) *Dei corpi marini che nel Feltrese distretto si trovano*. (*Nuova raccolta d'opusc. scientifici*, vol. VIII, p. 101, 1765.)

(3) *Catalogo del museo Ginanni*, 1762.

(4) *Raccolta degli opusculi Siciliani*, vol. VIII.

zaro Moro et signala, à la base de l'Etna, du côté de Catane, sous d'anciens courants de lave, des dépôts marins avec des cailloux roulés. Suivant Ferrara (1) les environs du Val di Noto, dont le sol est en partie volcanique, n'en montrent pas moins une grande quantité de coquilles enveloppées dans un sable calcaire jaunâtre. Les collines de Piazza, d'Aidone, d'Enna, d'Agira, de Militello, offrent des exemples semblables; de sorte que les alternances de produits ignés et de sédiments marins, déjà observées dans des terrains plus anciens du nord de l'Italie, l'étaient également au sud, à peu près dans le même temps.

Caluri, naturaliste toscan, indique plusieurs nouveaux fossiles des marnes subapennines (*crete sanesi*) (2). Zannoni, dans un mémoire particulier sur ces marnes bleues micacées observées dans les montagnes de Trévise, au delà du Tagliamento et de Fagagna (3), signale leurs analogies avec celles de la Toscane. Bastiani (4) consacre un chapitre de son ouvrage à la conchyliologie fossile des environs des bains de San Casciano. Les calcaires solides des montagnes de ce pays renferment des cornes d'Ammon, et les collines basses formées par les marnes sont remplies de Glossopètres, de polypiers, avec des côtes et des vertèbres des grands animaux. Dans son histoire des fossiles des environs de Pesaro, Passari (5) mentionne les coquilles enfouies dans les marnes sableuses de cette ville, de la province d'Urbino, de San Leo, de Cesi, de Gubbio, d'Orvieto, de Sinigaglia, de Loreto, de Macerata et de Fermo. Il indique les pétrifications des montagnes de Furlo, de Carpegna, de Fossombrone et autres lieux élevés des Apennins où se trouvent surtout des empreintes et des moules de cornes d'Ammon. Des

(1) *Historia naturale dell' Etna.*
(2) *Atti di Siena*, vol. III, p. 262, 1765.
(3) *Sulla marna*, 1768.
(4) *Delle acque minerali di S. Casciano ai Bagni*, 1770.
(5) *Storia dei fossili del Pesarese* (*Nuova raccolta del Calogera*), ed. altera et aucta, 1775.

défenses d'Éléphant fossile, des restes de poissons, de végétaux, etc., sont également signalés.

Jusqu'alors toutes les publications relatives à la conchyliologie fossile manquaient d'une terminologie méthodique déjà en usage dans d'autres parties de l'Europe, et ce fut Bartolini (1) qui, dans son catalogue des êtres organisés des environs de Sienne, appliqua le premier la classification de Linné.

Les recherches d'Allioni avaient aussi stimulé les observateurs du Piémont, et G. de Viano et Alloatti (2) ont remarqué dans le haut Montferrat le mélange des coquilles fluviatiles et marines. On sait que, se trouvant à Paris vers la fin de 1776, Gualandria (3) avait déjà observé à Chantilly des alternances de fossiles marins et d'eau douce, fait que nous avons vu remarqué par Sténon, par Soldani, etc., et que longtemps après bien des géologues ont cru découvrir à leur tour.

P. Schilling, L. Ricomanni et Callisto Benigni augmentèrent la liste des fossiles du Monte Mario à Rome, et les disposèrent d'après la méthode de Linné. On y trouve cités 117 espèces de mollusques et 7 échinodermes dans les sables calcaires jaunâtres qui recouvrent les roches volcaniques. Ce catalogue, très-défectueux suivant Brocchi, a été inséré dans la nouvelle édition du *Musée de Kircher*, publiée par Batarra (4). De son côté, Cermelli s'est aussi occupé des fossiles de cette colline de Rome, de ceux de la Sabine, du Latium et d'autres localités des États du pape dont il publia une carte chorographique qui devait servir de base à une carte minéralogique du même pays.

Spallanzani (5), qui observa la rivière orientale de Gênes,

(1) *Catalogo de' corpi marini de' contorni di Siena*, 1776.

(2) *Giorn. scient. e letter. di Torino*, vol. I, part. II, p. 124, 1779. — Voy. aussi : Pini sur les fossiles de la Lombardie, 1790.

(3) *Lettere odeporiche*, 1780.

(4) *Rerum naturalium historia*, etc., *exist. in museo Kircheriano*, ed. A. P. Bonannio, locupletata A. J. Batarra. Romæ, 2 vol. in-f°, 1773.

(5) *Opusc. interess.*, vol. VIII, p. 1. — *Lettera rel. a diversi oggetti fossili*, etc. (*Mem. della Soc. d'Italia*, vol. II, p. 861.)

entre Finale et le port de Monaco, sur une étendue de 70 milles, a décrit le pied des montagnes qui bordent la mer, comme étant formé d'un calcaire coquillier. Il a décrit ailleurs (1) les calcaires des environs de Messine, et s'est occupé des fossiles du Modénais, de la province de Reggio, des collines de la Romagne, etc. Il a signalé aussi dans l'île de Cythère ou Cérigo des coquilles dans des roches volcaniques, et de nombreux ossements enveloppés d'un ciment marneux, jaune rougeâtre, avec des fragments de la roche qui renfermait cette brèche. Parmi les os il crut en reconnaître ayant appartenu à l'espèce humaine, ce qui ne fut point confirmé par la suite (2).

Boccone, puis Volta (3), ont dirigé leurs recherches dans le Plaisantin, les collines de Lugano, près de Castel-Arquato, où Bonzi avait recueilli de nombreux fossiles, et dans le Parmesan, dont le sol est formé de marnes bleues et de sables jaunes calcaréo-siliceux au-dessus. La colline de San Columbano, sur le territoire de Lodi, fut aussi étudiée par l'Amoretti (4) au même point de vue que les précédentes.

Albert Fortis, né à Vicence, en 1740, a publié, de 1764 à 1802, de nombreux mémoires sur la géologie et les fossiles du nord de l'Italie, ainsi que sur quelques contrées voisines; mais le manque de méthode dans ses recherches, la légèreté de ses conclusions et les idées paradoxales émises çà et là ont fait perdre à ses études, aussi multipliées que variées, une partie du mérite qu'elles auraient pu avoir si elles avaient été dirigées dans un meilleur esprit. Elles ont, par conséquent, peu contribué à l'avancement de la science, tandis que la manière dont il critiquait les opinions des autres dut lui faire beaucoup d'ennemis parmi les naturalistes de son temps. A. Fortis.

L'examen des collines de Montegalda dans le Vicentin porta

(1) *Viaggi in Sicilia*, 1792-97.

(2) *Mem. della Soc. ital.*, vol. III, p. 439.—Voy. Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. VI, p. 423. (Éd. de 1834.)

(3) *Relazione di un viaggio da Firenzuola à Velleja*, 1785.

(4) *Opusc. interess.*, vol. VIII, p. 140 à 240.

Fortis (1) vers la théorie des vulcanistes ou des plutoniens, comme on disait alors. Il croyait que les coquilles des calcaires de ce pays y avaient été ensevelies par suite d'éruptions volcaniques sous-marines. Plus tard, accompagné de Desmarest, naturaliste français, il étudia les collines du Vicentin, de Brendola, de San Vito, de Gramona, de Creazzo, de Ronca, du val d'Astico, et partout constata la fréquence des débris organiques dans les couches. Néanmoins ces observations assidues ne le conduisirent à aucune vue théorique ni d'application pratique.

Donati (2) avait annoncé l'existence d'ossements humains, et contemporains de la roche qui les renfermait, sur les côtes de Dalmatie, dans le voisinage des îles Couronnées; Fortis (3) en signala bientôt dans l'île de Cherso, au milieu d'ossements de ruminants et d'autres mammifères, enveloppés de stalactites, dans une fente de calcaire tertiaire ancien, mais nullement associés aux coquilles marines de celui-ci, ce qui simplifiait beaucoup la question; plus tard l'auteur revint sur sa première détermination ostéologique. Il s'occupa peu après des marnes bleues coquillières des environs de Spalatro, sur la côte de la Dalmatie, puis des Nummulites et des polypiers de Bencoraz et de Sebenico. Dans les calcaires fissiles de Zukova il rencontra des poissons et des plantes marines, et le calcaire cristallin de l'île de Simoskoï, semblable à celui de Carrare, lui offrit de nombreuses coquilles spathifiées (4).

Dans son mémoire oryctographique sur la vallée de Ronca (5), il fit preuve de peu de jugement en critiquant les dénominations binaires spécifiques, si claires et si simples, introduites par Linné, pour leur substituer les phrases obscures, tortueuses et ambiguës de Gualtieri. Il observa les fossiles marins dans les

(1) *Dissertazione fisica sui colli di Montegalda*, 1764.

(2) *Hist. de la mer Adriatique*, trad. franç., p. 8. — Voy. Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. VI, p. 415.

(3) *Saggio d'osservazioni sopra l'isola di Cherso ed Osero*, p. 90.

(4) *Viaggi in Dalmatia*, 1774.

(5) *Memoria orittografica sulla valle di Ronca*, 1778.

roches ignées basaltiques du val Ronca, entre Vicence et Vérone; mais, pour lui, la roche serait une argile marine fondue par la chaleur interne du globe. D'autres fossiles plus récents se remarquent encore aux environs, soit dans un calcaire solide, soit dans une roche bitumineuse, ou bien dans une vase marine recouvrant le basalte.

En s'occupant plus particulièrement des poissons fossiles du mont Bolca, aidé de l'*Ittiologia* de Block et de la première décade de l'ouvrage de Broussenet, Fortis ne put déterminer que 6 ou 7 espèces de ces ichthyolithes dont Bozza possédait alors la plus belle collection. A ce sujet, une discussion s'éleva entre lui et Testa qui niait que ces poissons eussent pu venir de pays éloignés et qui fit voir les différences qui existaient entre eux et les espèces que Fortis croyait avoir leurs analogues dans les mers du Sud. Testa admit cependant que quelques-unes pouvaient bien avoir encore leurs représentants dans ces mêmes mers tropicales, mais qu'elles avaient néanmoins dû vivre dans l'Adriatique, lorsque la mer baignait le pied du mont Bolca, et que sa température était plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui, à cause des phénomènes ignés du voisinage (1).

Ce sujet, qui avait déjà occupé tant de naturalistes, fut traité d'une manière bien plus complète par Séraphin Volta dans son Ichthyologie véronaise (2), où il décrit 123 espèces de poissons fossiles provenant du gisement de Lastrara, localité désignée à tort jusque-là sous le nom de *monte Bolca*, cette dernière montagne, comme l'auteur le fait voir, étant située beaucoup plus haut vers l'origine du vallon où se trouvent les dalles calcaires à poissons. De ces 123 espèces l'auteur admet que 12 seulement sont aujourd'hui inconnues, et que toutes les autres se retrouvent dans les mers actuelles des diverses parties du globe, conclusion bien différente de celles des paléozoologistes de nos jours, qui ne reconnaissent pas qu'aucune

S. Volta.

(1) *Lettere sui pesci fossili del monte Bolca.* Milan, 1793; *terza lettera*, 1794.

(2) *Ittiolitologia Veronese*, gr. in-f° avec planches, 1788.

de ces espèces ait son analogue vivant. Quant aux nombreuses coquilles et aux autres corps marins des montagnes du Véronais, l'auteur suppose qu'une violente inondation générale a été suivie de plusieurs autres partielles, et il étend sa théorie, fort obscure d'ailleurs, à tout le reste du globe.

Mais si, au point de vue géologique, les idées de S. Volta sont plus que contestables, on doit reconnaître que, sous le rapport iconographique, son ouvrage est une des plus magnifiques publications du XVIIIe siècle. Il laisse bien loin derrière lui tout ce qui a été fait sur cette matière, et c'est encore aujourd'hui la plus belle monographie ichthyologique locale qui existe dans la science. L'exactitude des dessins, tous représentant les espèces de grandeur naturelle, fait regretter que les auteurs systématiques et classificateurs venus après Volta, en plaçant dans les nouveaux genres qu'ils ont créés les espèces qu'il a figurées, aient en quelque sorte rayé le nom de ce laborieux savant de la plupart des ouvrages de paléozoologie, ou fait en sorte qu'il ne s'y trouve plus que comme un souvenir mêlé et confondu avec tant d'autres noms qui ne méritent pas l'honneur d'être rappelés (1); ce nivellement général qu'exécutent à l'envie les classificateurs de nos jours n'est ni juste ni réfléchi.

Revenons encore à Fortis, qui, pendant son séjour en France, au commencement de ce siècle, donna dans notre langue une édition de ses mémoires (2). Il y fit beaucoup de changements et d'additions, entres autre son travail sur les *Discolithes*, qui occupe la moitié du second volume. Sous ce nouveau nom l'auteur désigne les corps connus dès l'antiquité sous ceux de pierres lenticulaires, de Numismales, etc., et que nous verrons attirer constamment l'attention des naturalistes, aussi bien par

(1) Les matériaux, précieux par leur nombre et leur belle conservation, qui ont servi à ce grand ouvrage, faisaient partie de la collection Gazzola. Ils furent acquis par le général Bonaparte en 1797 et donnés par lui au Muséum d'histoire naturelle à son retour d'Italie.

(2) *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle et principalement à l'oryctographie de l'Italie et des pays adjacents*, 2 vol. in-8 avec planches. Paris, 1802.

leur fréquence dans certaines couches de la terre que par leur origine énigmatique. Mais, loin de contribuer à éclaircir leur histoire, Fortis ne fit que l'embrouiller par des idées fausses, des rapprochements inexacts, et en leur associant les corps les plus différents, tels que les Operculines, les Alvéolines, les Orbitoïdes, les Orbitolites, des Fungies, des Cyclolites, etc. Ce mémoire, quoique entrepris avec des matériaux considérables, n'a donc fait faire aucun progrès à cette étude.

Auteurs divers.

Vers la fin du xviiie siècle, Borsoni présenta à l'Académie de Turin un appendice à l'oryctographie piémontaise d'Allioni, ajoutant au catalogue dressé par ce dernier 127 espèces de coquilles fossiles de ce pays. Morozzo (1) publia peu après une dissertation sur des dents fossiles d'Éléphant trouvées, en 1802, dans une colline près de Rome, en dehors de la porte du Peuple, et Morecchini (2) démontra la présence de l'acide sulfurique dans la composition de ces dents. Pini (3) rassembla les découvertes les plus importantes faites sur les diverses classes de corps organisés fossiles, en même temps que Santi (4) faisait connaître les résultats de son voyage au mont Amiata, et que Cagnazzi (5) émettait ses conjectures sur l'ancienne communication par la Daunia entre l'Adriatique et le golfe de Tarente. Quelques autres publications peu importantes dues à Spadoni, Scorticagna, Gazzola, etc., parurent vers le même temps.

Ossements de grands mammifères

Les recherches persévérantes de J. Cortesi (6) ont beaucoup enrichi la faune des grands mammifères pachydermes et cétacés fossiles des sables jaunes calcaréo-siliceux supérieurs et des

(1) *Mem. della Soc. italiana*, vol. X.

(2) *Ibid.*

(3) *Ibid.*, vol. XII, 1805. — Sur les fossiles de la Lombardie, 1790.

(4) *Viaggi al mont' Amiata*, 1806.

(5) *Mem. della Soc. italiana*, vol. XIII.

(6) *Sugli scheletri d'un rinoceronte africano e d'una balena*. Milan, 1809. — *Saggi geologici degli stati di Parma e Piacenza*, in-4. Plaisance, 1819. — *Sulle ossa fossili di grandi animali terrestri e marini* (sans date). — Voy. aussi à ce sujet Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. II, III à VIII, p. 154, 309 et 314 (éd. de 1834).

marnes bleues subapennines. Des restes d'Éléphants ont d'abord été découverts sur le mont Pulgnasco, commune de Diolo, à neuf milles au-dessus de Plaisance et à deux milles de la Trebbia, ce qui a fait dire plus tard à Cuvier (1) que s'il y a jamais eu un cadavre d'Éléphant fossile que l'on pût regarder comme provenant de l'un de ceux qu'Annibal avait amenés dans le pays, c'était celui-là, puisqu'il se trouvait très-près du chemin que le général carthaginois avait dû suivre. Les os, fort nombreux, et dont on chargea six mulets, étaient d'ailleurs presque à fleur du sol. Une tête de Rhinocéros fut rencontrée tout auprès dans les mêmes conditions, comme pour protester contre la supposition qui attribuerait à l'existence des restes d'Éléphants sur ce point une origine aussi récente. En 1805, Cortesi découvrit aussi un squelette de Rhinocéros sur une colline parallèle à celle du mont Pulgnasco, mais au-dessous de 60 mètres de sable, et, en 1810, dans cette dernière montagne même, dans une couche remplie de coquilles marines, il observa des os longs du même animal recouverts d'Huîtres adhérentes.

Les restes de cétacés ont été rencontrés généralement à un niveau plus bas et dans des couches différentes, celles des marnes bleues, d'abord dans la colline de Torazza, séparée de la précédente par un petit ruisseau; c'était un squelette de Dauphin presque entier; à la tête, assez complète, se joignaient beaucoup de côtes, de vertèbres et de petits os. En 1806, sur la pente orientale du mont Pulgnasco, à 200 mètres au-dessous du sommet et à 400 environ au-dessus de la plaine environnante, on découvrit, dans une argile bleuâtre, en couches régulières, plongeant au N., remplies de coquilles marines, de dents de squales, et en tout semblables à celles de Torazza, un squelette presque entier de Baleine du sous-genre des Rorquales. La plupart des os étaient en place, recouverts d'Huîtres adhérentes; la tête avait près de 2 mètres de long et le corps environ 7 mètres. En 1816, un autre squelette appartenant à la même espèce fut découvert dans un vallon

(1) Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, t. II, p. 38.

voisin et dans les mêmes circonstances de gisement. Des ossements de mammifères terrestres ou de grands pachydermes ont été également signalés dans la vallée du Tanaro, au pied des montagnes du Frioul et du Vicentin, sur les bords du Bacchiglione, etc.

Des dents de Mastodontes ont été recueillies le long des pentes subalpines du Frioul et du Vicentin, comme déjà l'Amoretti en avait signalé dans le district du Tanaro, et Marzari dans celui de Bacchiglione (1). Nesti (2), qui s'est particulièrement occupé des Éléphants fossiles du val d'Arno, pense qu'outre l'espèce la plus commune, il y en a deux autres distinctes, dont une fort petite. De ce que toutes trois diffèrent des espèces de nos jours, il en conclut que rien ne prouve que la température fût alors plus élevée dans le pays qu'elle ne l'est actuellement (3). Des restes de grands pachydermes sont encore cités près de Belvedere (4) et dans le district de Pérouse (5). Plus tard, Nesti (6) est revenu sur les ossements du val d'Arno et particulièrement sur ceux de Rhinocéros.

Un mémoire sur la terre d'Otrante, publié par Giovene (7), a fait connaître que dans cette partie de l'Italie le calcaire des Apennins était partout surmonté d'un dépôt de sable calcarifère jaunâtre ou blanchâtre, souvent très-solide, employé dans les constructions de Lecce, où les coquilles sont nombreuses, bien conservées ainsi que les polypiers, les Alcyons et les dents de Squale. Enfin, Maironi (8), dans ses observations sur quelques pétrifications particulières du mont Misma, s'est surtout occupé des cornes d'Ammon et des Bélemnites de cette localité.

(1) *Atti dell' Istit. nazion. d'Italia*, vol. II.
(2) *Su alcune ossa fossili di mammiferi che s'incontrano nel Val d'Arno.*
(3) *Annali del museo di Firenze*, vol. I.
(4) Spadoni, *Giornale di Pisa*, vol. X.
(5) Canali, *Osservaz. su alcune zanne elefantine fossili*. Macerata, 1810.
(6) *Annali del mus. di Firenze*, vol. III.
(7) *Mem. della Soc. italiana*, vol. XV.
(8) *Osservazioni sopra alcune particolari petrificazioni del monte Misma*. Bergame, 1812.

A la fin du XVIIIe et au commencement du XIXe siècle, deux hommes, très-distingués à des titres divers, sont venus clore et résumer en quelque sorte la longue série des naturalistes italiens qui, pendant trois siècles, avaient concouru aux progrès de la paléontologie stratigraphique et de la connaissance des roches sédimentaires de la péninsule; ce sont Breislak et Brocchi.

S. Breislak. Scipion Breislak, né à Rome en 1748 et mort en 1826, s'est beaucoup plus occupé, dans ses recherches, des phénomènes d'origine ignée que des dépôts formés au fond des eaux, mais il n'a pas laissé que de donner sur ces derniers des observations intéressantes. Il a fait remarquer que les fossiles de la vallée de Bénévent étaient semblables à ceux de la Romagne, du Plaisantin, de la Toscane, etc. Ses voyages physiques et lithologiques dans la Campanie, suivis d'un mémoire sur la constitution physique de Rome, la description des anciens Champs Phlégréens, de leurs produits minéralogiques, etc. (1), sont remplis de faits précieux pour l'histoire de la science et témoignent de la sagacité et de l'instruction profonde de l'auteur.

Dans son *Introduction à la géologie* ou à l'*Histoire naturelle de la terre* (2), travail écrit dans un excellent esprit, Breislak dit : « La surface extérieure du globe, en se consolidant par le « refroidissement, et en se resserrant dans un moindre volume, « comprimait la masse interne encore fluide, qui devait réagir « de son côté, et, étant une matière plus homogène et plus « dense que celle qui formait les couches superficielles, elle « a dû la soulever et la déchirer. Voilà donc l'ordre détruit! « Voilà donc la fin de toute régularité! Les couches nouvel- « lement consolidées, et qui étaient contiguës, parallèles et « horizontales, sont soulevées et déchirées; quelques-unes de- « viennent inclinées, d'autres perpendiculaires; beaucoup se

(1) *Viaggi litologici nella Campania*, etc. Firenze, 1798. — Trad. française du manuscrit italien avec des Notes par le général Pommereuil, 2 vol. in-8. Paris, 1801. — Trad. allem. par F. A. Reuss. Leipzig, 1802.

(2) *Introduzione alla geologia*, 2 vol. in-8. Milan, 1811. — Trad. française par J. J. Bernard, p. 97. 1 vol. in-8. Paris, 1812.

« détachent et se séparent entre elles; la matière interne, en-
« core fluide, s'étant ouvert un chemin par les déchirures, s'in-
« sinue dans les intervalles formés par l'éloignement réciproque
« des couches; et, si son dégorgement eût été assez copieux, elle
« pouvait se répandre même à la superficie. Il n'est pas possible
« de déterminer les accidents et les combinaisons qui peuvent
« arriver dans cette opération, dirigée uniquement par le ha-
« sard; et, si cette hypothèse n'explique pas les grands phé-
« nomènes de la superficie primitive du globe, il me paraît
« qu'elle peut au moins suffire pour les représenter. »

« Cependant, dit-il plus loin (p. 101), après avoir combattu
« les idées de La Métherie, dans l'hypothèse de la fluidité ignée
« primitive de notre planète et de sa consolidation par le
« refroidissement, nous ne devons pas perdre de vue les effets
« produits : 1° par la séparation du calorique, qui dut se com-
« biner avec quelques bases solides, produire des gaz et ensuite
« des vapeurs aqueuses; 2° par la compression exercée par les
« premières couches les plus voisines de la superficie, qui se
« sont consolidées, et par la réaction de la masse interne, en-
« core molle; 3° par le resserrement de la matière, causé par le
« refroidissement; 4° par le développement des gaz et des va-
« peurs dans l'intérieur de la masse. Et, si nous voulons arrê-
« ter plus particulièrement notre attention sur ceux-ci, comme
« sur une cause plus active et plus énergique, nous verrons
« que les couches terrestres seront soulevées et que leur posi-
« tion changera en proportion de leur masse et de l'intensité
« des phénomènes; la superficie sera rompue et déchirée en
« quelque endroit; et dans le renversement des couches il
« pourra arriver qu'il s'opère des séparations entre celles qui
« étaient auparavant contiguës. »

Voilà bien les idées qui ont servi de base à une théorie beaucoup plus récente! Malheureusement, Breislak ne les a appliquées qu'à la première période du refroidissement de la terre, et n'ayant pas songé, ou bien ses études ne lui ayant pas fourni les données nécessaires pour les appliquer à des périodes subséquentes, il n'a point tiré parti de tout ce qu'elles avaient

de fécond pour expliquer la formation des rides moins anciennes de l'écorce terrestre et, par suite, la théorie stratigraphique et chronologique des chaînes de montagnes.

Comme dans la plupart des ouvrages généraux contemporains dont nous parlerons ci-après, Breislak énumère dans celui-ci (p. 337) tous les fossiles connus alors, depuis les Éléphants, les Mastodontes, le *Megatherium*, le *Megalonyx*, jusqu'aux polypiers; mais, comme dans ces traités aussi, il mentionne à peine les restes d'invertébrés et cite seulement quelques végétaux, ce qui prouve qu'il ne comprenait pas encore toute l'importance de ces débris organiques relativement à la géologie.

Dans ses réflexions générales sur la distribution des fossiles, l'auteur examine et rejette successivement l'hypothèse des inondations ou déluges, celles du déplacement de l'axe de la terre, des écroulements, reproduite et développée par de Luc, et semble revenir à l'opinion de Buffon, qu'il modifie de la manière suivante : pour expliquer la présence des coquilles sur les hautes montagnes, il suppose que l'Océan était divisé en un certain nombre de mers partielles, étagées à différents niveaux audessus les uns des autres, hypothèses qu'il préfère à ces cataclysmes prodigieux, dit-il (p. 402), qui auraient transporté les dépôts déjà consolidés loin des lieux où ils s'étaient formés. Néanmoins, après avoir rappelé des faits assez nombreux, il y revient (p. 412) en disant : « il résulte de tout ce que nous « avons dit que l'état actuel de notre globe a été déterminé par « une série de cataclysmes dont il n'est pas possible de retrouver « le principe, et dont il faut chercher l'histoire sur la superficie « de la terre et dans les chaînes de montagnes. » Pensée certainement très-juste, et si Breislak eût continué, à travers les temps, l'hypothèse qu'il avait seulement appliquée au commencement, il eût trouvé l'explication qu'il cherchait, tandis que celle qu'il propose, à partir de l'existence des eaux à la surface du globe, n'est pas plus fondée que toutes celles qu'il combat.

Il semble d'ailleurs admettre plus loin, du moins en partie avec Buffon (p. 413), que la mer couvrait, à l'origine, les ci-

mes des montagnes les plus élevées, qu'elle est restée quelque temps dans cette position, que le fond de la mer s'est abaissé par l'écroulement des cavernes, que le globe s'est refroidi graduellement, que les différentes espèces d'animaux ont émigré peu à peu, abandonnant les régions qui devenaient plus froides pour habiter celles des tropiques, à l'exception toutefois des Éléphants, des Rhinocéros, etc., qui ont persisté plus longtemps.

On voit donc que Breislak, observateur exact, fort instruit, et d'un jugement droit, n'était pas, à bien des égards, plus avancé que ses contemporains, et que les idées déjà répandues en Allemagne, en Angleterre et dans son propre pays, n'avaient pas réagi efficacement sur ses vues théoriques.

L'histoire de la paléontologie stratigraphique de l'Italie se trouve dignement couronnée par les travaux d'un ingénieur de grand mérite, G. B. Brocchi. Né à Bassano en 1772, il visita plusieurs fois l'Italie dans ses diverses parties, ainsi que les îles qui en dépendent, et il publia, dans de nombreux mémoires, les résultats de ses recherches. En 1823, il partit pour l'Égypte, afin d'y continuer ses études géologiques, parcourut le Liban, se dirigea vers la mer Rouge, et fut attaché en qualité d'ingénieur au nouveau roi du Sennaar. Mais, par suite de fatigues et de l'influence du climat, sa santé fut bientôt altérée, et il succomba, à Chartum, le 23 septembre 1826. Ainsi l'Italie perdit, la même année, les deux géologues qui avaient jeté le plus d'éclat à la fin du XVIII[e] et au commencement du XIX[e] siècle. G. B. Brocchi.

L'ouvrage le plus important de Brocchi, celui qui renferme l'ensemble de ses recherches est sa *Conchyliologie fossile subapennine*, accompagnée d'observations sur les Apennins et les contrées adjacentes (1). L'auteur y sépare et distingue par leurs caractères à la fois stratigraphiques ou de superposition, pétro-

(1) *Conchiologia fossile subapennina con osservazioni geologiche sugli Apennini e sul suolo adjacente*, 2 vol. in-4 avec 16 planches de fossiles. 1814. — 2[e] éd., 2 vol. in-12 avec atlas. Milan, 1843.

graphiques et paléontologiques, les roches de l'Apennin proprement dit, que l'on pouvait regarder toutes alors comme secondaires, ainsi que l'avait remarqué de Saussure, en 1776 (1), des dépôts tertiaires plus récents qui les bordent de part et d'autre de la chaîne.

Après un excellent discours sur les progrès de l'étude de la conchyliologie fossile en Italie, discours auquel nous avons fait de nombreux emprunts dans ce qui précède, Brocchi donne, dans le premier chapitre, une esquisse générale de la structure du haut Apennin, et, dans le second, il traite de la constitution physique des collines subapennines. Le troisième est consacré à montrer l'analogie du sol des autres pays avec celui de ces mêmes collines et à une digression sur la plaine de la Lombardie, avec la preuve de l'accroissement du littoral le long de la Péninsule.

En traitant ensuite des coquilles fossiles des dépôts subapennins, il fait remarquer leurs associations et la distribution particulière des espèces, les analogies, les différences qu'elles présentent avec les coquilles vivantes, soit de la Méditerranée, soit des mers plus éloignées. Ayant visité et étudié toutes les collections anciennes du pays, il n'a rien négligé pour s'éclairer même sur les questions qu'il sentait ne pouvoir pas résoudre alors, mais dont il comprenait toute l'importance; tels sont les rapports des dépôts coquilliers des diverses parties de l'Italie, ceux du pied nord des Apennins avec ceux du pied sud, ceux du Piémont avec ceux de la Pouille, de la Calabre, etc. Il voyait également la nécessité d'un examen beaucoup plus détaillé que le sien pour arriver à exécuter une carte géologique telle qu'il se l'était proposé d'abord. Il n'a pas d'ailleurs observé, entre les fossiles des marnes bleues et ceux du sable jaune placé dessus, de différences assez prononcées pour les séparer comme des dépôts réellement distincts et résultant de circonstances variées.

(1) *Lettre au chevalier Hamilton sur la route de Naples à Genève.* — *Journ. de phys.*, vol. VII, p. 19, 1776.

Parmi les espèces fossiles qui ont encore leurs analogues vivants, Brocchi reconnut qu'il y en avait beaucoup plus de la Méditerranée et de l'Adriatique que des mers plus éloignées; et, en comparant cette faune des collines subapennines avec celle du bassin tertiaire de la Seine, surtout en considérant certains genres en particulier, tels que celui des Cérites, et l'absence complète de certains autres, il fait ressortir les différences profondes que montrent ces diverses associations de fossiles. Mais le vrai motif de ces dissemblances lui échappe encore, et, au lieu de les attribuer à la différence des temps où ils ont vécu, comme nous le faisons aujourd'hui que leur non-contemporanéité nous est démontrée, il les attribue seulement à la différence des lieux géographiques ou d'*habitat*. Les faunes fossiles de l'ouest de la France devaient ressembler, dit-il, à celles des côtes de l'Océan, comme celles des marnes subapennines ressemblent à celles de la Méditerranée et de l'Adriatique.

(P. 337). Les dépôts d'origine lacustre ont été l'objet particulier des études de Brocchi. Tels sont ceux du mont Carlo, dans le val d'Arno supérieur, de Stagia, non loin de Sienne, de la plaine de Sarteano, dans le val di Chiana, où un tuf rempli de coquilles d'eau douce recouvre les marnes marines. La présence de coquilles d'eau douce mélangées, dans certains cas, avec celles qui sont propres aux eaux salées, s'explique par l'intermédiaire des fleuves et des rivières qui les ont portées à la mer.

Dans le chapitre v, l'auteur s'occupe des autres fossiles marins, puis des restes des grands mammifères terrestres, de cétacés et de poissons, rappelant toutes les localités où ont été trouvés des débris d'Éléphant, de Mastodonte, de Rhinocéros, d'Hippopotame, d'Urus, d'Élan, de Cerf, etc.

Le chapitre vi, consacré à des remarques sur la disparition des espèces, mérite surtout de fixer l'attention par les vues tout à fait philosophiques qu'on y trouve exposées avec autant d'élégance que de profondeur. Ainsi Brocchi fait voir que les espèces de coquilles ou d'autres animaux inférieurs ont disparu aussi

bien que celles des organismes les plus élevés. Il démontre facilement que les hypothèses de catastrophes, du retrait brusque des mers, que toutes ces machines à effet, dues à l'imagination des anciens auteurs bien plus qu'à l'observation sérieuse de la nature, dont on a tant abusé et dont l'usage n'est pas encore tout à fait perdu de nos jours, n'expliquaient rien en réalité, c'est-à-dire la destruction de certaines espèces, la persistance de certaines autres pendant que de nouvelles formes apparaissaient à leur tour. Nous verrons que Linné, que Walch, que Bruguière, pensaient, avec beaucoup d'autres naturalistes, que les espèces fossiles dont les analogues vivants n'avaient pas été retrouvés devaient exister dans les profondeurs des mers non encore explorées.

Mais Brocchi portait ses vues plus loin. « Quant à moi, dit-il (page 409), je crois qu'il est tout à fait superflu de faire tant de frais d'imagination et de supposer tant de causes accidentelles et particulières pour expliquer un fait qu'on peut croire dépendre d'une loi générale et constante (*da una legge generale e costante*). »

« Pourquoi donc, continue-t-il, n'admettrait-on pas que les espèces s'éteignent comme les individus, et qu'elles ont, comme ceux-ci, une période fixe pour la durée de leur existence ? Rien n'est permanent sur la terre, et la nature y conserve son activité dans le même cercle, mais avec des modifications incessantes. »

Un laps de temps déterminé a dû être assigné à la vie de l'individu, et ce temps, très-variable dans ceux d'une même espèce, l'est plus encore lorsque l'on considère des espèces différentes, soit végétales, soit animales. L'accroissement et la durée des corps organisés sont prévus, limités et restreints à une certaine quantité de force développée. Que ce principe s'applique à une monade ou à un Éléphant, à un cryptogame microscopique ou au Baobab du Sénégal, la loi est partout la même.

La nature suit toujours des proportions de grandeur et de temps dont elle ne s'écarte pas dans un sujet donné. S'il y a quelques déviations au principe, c'est plutôt pour abréger que

pour étendre les limites posées. Ainsi, il y a plus d'individus qui n'atteignent pas le développement et la durée normale de l'espèce à laquelle ils appartiennent, qu'il n'y en a qui la dépassent. Il en est de même de ceux qui restent au-dessous de la grandeur qu'ils pourraient atteindre, de sorte qu'à certains égards la nature semble plus disposée à diminuer ses œuvres qu'à les perfectionner et à en prolonger la durée. Aussi Brocchi suppose-t-il que l'espèce a dû être douée, dans l'origine, d'une certaine quantité de forces vitales qui, après avoir acquis son maximum de développement, s'est graduellement affaiblie jusqu'à ne pouvoir plus se reproduire dans les derniers germes.

Il y a dans ces idées du savant Italien un rapport frappant avec ce que nous offre l'étude des faunes anciennes; mais il s'appuie sur de mauvaises preuves en prenant pour des espèces en voie de décroissement et d'affaiblissement des animaux réellement distincts.

Après avoir rectifié quelques assertions fausses de Bruguière sur la répartition de certains genres dans les couches de la terre, Brocchi établit la distinction fondamentale des fossiles des roches calcaires solides des pays de montagnes, fossiles pétrifiés ou bien à l'état de moules et d'empreintes, dont les espèces sont toutes inconnues aujourd'hui (Bélemnites, Ammonites, Gryphites, Dicérates, Térébratules, etc.), d'avec ceux des dépôts meubles plus récents, des collines et des plaines, dont un grand nombre ont encore leurs analogues vivants et dont les espèces perdues conservent néanmoins une grande ressemblance avec celles de nos jours.

Qu'il y ait, dit plus loin l'auteur (418), une relation entre l'âge des couches et la nature des espèces, et que les premières soient d'autant plus anciennes qu'elles renferment un plus grand nombre de coquilles différentes de celles que nous connaissons, c'est un fait évident qui a déjà été attesté par beaucoup de naturalistes. Or, ce fait évident pour Brocchi, et qui est le principe général de la science moderne, était en réalité bien moins répandu qu'il ne le croyait et parfaitement ignoré de ce côté des Alpes, comme nous le dirons en exposant les doctrines profes-

sées alors dans nos grands établissements publics. On y supposait très-gratuitement des changements dans la composition chimique des eaux de la mer, changements auxquels devait correspondre une série de modifications dans la nature animale. Aussi Brocchi, avec son esprit net et pratique, n'eut-il pas de peine à démontrer le peu de fondement de ces hypothèses. Il n'est pas inutile de faire remarquer que, dans toutes ces spéculations sur les organismes anciens, les végétaux étaient complétement négligés, et qu'on ne prenait en considération qu'un seul ordre de phénomènes.

Résumé. Tel est le tableau succinct des recherches et des idées apportées dans le domaine de la science par les naturalistes italiens depuis la Renaissance jusque vers 1815; elles sont nombreuses, comme on peut en juger, et la masse des données vraiment utiles qui en résulte est très-considérable. Bien que le dernier des représentants de la paléontologie stratigraphique dont nous avons parlé ait certainement saisi le principe de la théorie des terrains de sédiment, l'application en était encore trop vague et trop peu arrêtée pour qu'on pût le regarder comme réellement établi.

Mais ne nous en prenons pas au manque de sagacité des savants de ce pays; ils ont fait tout ce qu'ils pouvaient faire alors avec ce qu'ils avaient sous les yeux. Distinguer plusieurs formations tertiaires, plusieurs formations secondaires, et séparer celles-ci des dépôts encore plus anciens, c'était à ce moment une tâche impossible et qui devait échoir à des régions mieux favorisées, où ces distinctions se présentent en quelque sorte d'elles-mêmes à l'observateur un peu attentif, là où la série continue et normale des divers systèmes de couches se montre naturellement dans les conditions les plus favorables, ou bien ont été dévoilés artificiellement par des travaux industriels exécutés sur une grande échelle. Or, ces circonstances ne se trouvaient point dans la péninsule italique, surtout dans ses régions montagneuses, où l'on ne pouvait, nous le répétons, voir autre chose que ce qu'avaient vu Brocchi et ses prédécesseurs.

CHAPITRE III

Si déjà l'histoire de la paléontologie et de la géologie stratigraphique en Italie nous a présenté plusieurs centres scientifiques, tels que Florence, Sienne, Bologne, Venise, etc., d'où émanèrent les productions des naturalistes, il en sera bien autrement dans le vaste espace compris entre les Alpes et la mer du Nord, entre le Rhin et la Sibérie. Le seul lien qui réunisse beaucoup de ces travaux est la langue dans laquelle ils ont été écrits, car un grand nombre sont en latin, et presque tous les autres en allemand.

Nous devrons donc, pour plus de clarté, subdiviser notre sujet en traitant successivement, dans un ordre géographique, 1° des Alpes et de la Suisse; 2° du Wurtemberg et de la Bavière; 3° de la Bohème, de l'Autriche et de la Hongrie; 4° de la Pologne et de la Silésie; 5° du centre et du nord de l'Allemagne, comprenant la Saxe, la région hercynienne, le Hanovre, le Brunswick, la Prusse et les provinces Baltiques; 6° de la Scandinavie; 7° de la Russie.

§ 1. Des Alpes et de la Suisse.

Les Alpes orientales des provinces Illyriennes de la Carniole, de la Carinthie et de l'Istrie, ont été l'objet d'un travail considérable, publié de 1778 à 1789, par Balthazar Hacquet (1), Provinces Illyriennes.

(1) *Oryctographia carniolica oder physikalische Beschreibung der Her-*

et accompagné de nombreuses planches de coupes et de cartes. Cet ouvrage, particulièrement technique, est consacré à l'exploitation et à la recherche des mines du pays plutôt qu'à son histoire naturelle proprement dite. Aussi n'y trouve-t-on mentionnés que peu de fossiles, et le petit nombre de ceux qui y sont assez mal figurés semblent provenir de terrains anciens.

Suisse. Sur le versant opposé au nord-ouest des Alpes, la Suisse a été dans les derniers siècles, comme elle l'est encore aujourd'hui, une terre féconde en naturalistes. La variété et la richesse de ses productions végétales et minérales, la grandeur et la magnificence des tableaux que la nature y déploie, stimulant sans doute l'esprit naturellement investigateur de ses populations, ont inspiré ces nombreux ouvrages qui ont fait dire à Scheuchzer, l'un de ses enfants les plus dévoués, l'un de ses écrivains les plus laborieux : *Dignissima est præ multis aliis terris Europæis Helvetia nostra, quæ curiosorum naturæ lustretur oculis* (sic), *physicorum et historicorum exerceat pennas* (1).

Conrad Gesner. Dès 1565, Conrad Gesner (2) publie ses remarques sur les pétrifications, mais sans se prononcer sur leur origine. Il figure divers fossiles, tels que des crinoïdes; il donne le premier dessin d'une Bélemnite, corps que nous verrons Agricola désigner le premier sous ce nom, puis il représente les *pierres judaïques* (baguette de Cidaris), des *Glossopètres* (dents de Squales), etc.

J. Wagner N. Langius. J. Wagner, dans son histoire naturelle de la Suisse (3), a réuni les matériaux connus alors sur ce sujet, et Lang, Langy

zogthums Krain, Istrien, etc., in-4. Leipzig, 1778-1789. — Voy. aussi : Scopoli, *Description des fossiles et des pétrifications du comté de Gorice*. (*Hist. nat.*, ann. II.)

(1) *Bibliotheca scriptorum historiæ naturalis*, etc., p. 87, in-12. Zurich, 1751. Ed. 1ª. in-8. 1716.

(2) *De rerum fossilium lapidum et gemmarum figuris et similitudinibus*, in-4. Zurich, 1565.

(3) *Historia naturalis Helvetiæ*, 1688.

ou Langius (Nicolas) (1), médecin de Lucerne, a fait représenter un assez grand nombre de fossiles de son pays, mais accompagnés d'observations peu propres à en faire connaître les vrais caractères.

Personne plus que Jean-Jacob Scheuchzer (2) n'eut le droit d'exprimer la pensée que nous venons de rappeler. Né à Zurich en 1672, il ne cessa, pendant près de cinquante ans, de publier ses observations sur les diverses parties de l'histoire naturelle d'un pays qu'il avait exploré en tous sens et sous tous les points de vue. Précurseur de Bénédict de Saussure, il eut le même dévouement et la même constance dans ses recherches, mais tous deux étaient arrivés avant le temps où elles pouvaient réellement porter leurs fruits. Ni l'un ni l'autre, avec des mérites différents et une instruction en rapport avec le temps où ils vécurent, ne trouva la raison des phénomènes contre lesquels leur obstination se heurtait en vain. Comme bien des observateurs qui vinrent encore après eux, ces courageux pionniers de la science n'avaient pas compris qu'avant d'étudier les pays de montagnes, il fallait étudier les pays de plaines, de plateaux et de collines peu élevées; que là seulement se trouverait l'explication des problèmes auxquels donnaient lieu l'examen des roches stratifiées, que là seulement on pouvait apprécier l'ordre ou la succession normale des couches de la surface terrestre, dont les grandes montagnes ne sont que des accidents et des irrégularités. Il fallait en un mot chercher à se rendre compte de la règle avant de vouloir expliquer l'exception. Mais les caractères physiques du pays qui les entourait les influencèrent à leur insu sans leur apporter aucune lumière propre à les éclairer.

J. Jacob Scheuchzer.

L'ouvrage de Scheuchzer qui le fit le plus connaître est celui qu'il publia sous le titre de *Piscium querelæ et vindiciæ* (3).

(1) *Historia lapidum figuratorum Helvetiæ*, 1708. — *Tractatus de origine figuratorum*, 1708.

(2) Son frère, Jean Scheuchzer, secrétaire d'État du comté de Bade, fut aussi un botaniste distingué.

(3) Petit in-4. Zurich, 1708.

Dans cette sorte de prosopopée allégorique, l'auteur fait parler les poissons fossiles pour se plaindre d'avoir été victimes du déluge universel, bien que fort innocents des crimes qui l'avaient motivé. Ils se plaignent aussi de l'injustice des hommes qui ne veulent pas les reconnaître aujourd'hui pour les ancêtres des poissons actuels et qui les rabaissent au point de les reléguer parmi les pierres brutes.

Ce travail, à part la forme que justifient les idées du temps, avait un intérêt réel par ses planches, qui représentent, d'une manière très-reconnaissable, des poissons ou ichthyolithes de la plupart des localités les plus célèbres aujourd'hui, tels que ceux des schistes cuivreux du Mansfeld, des couches jurassiques supérieures de Pappenheim en Bavière ou d'Altdorf, ceux du groupe nummulitique du mont Bolca et des schistes de Glaris. On y trouve aussi figurés des poissons de la Hesse, de Lunebourg, de l'argile de Londres et d'autres provenant de localités plus éloignées encore, telles que la Syrie, le Maryland et la Caroline. Ces gisements d'ichthyolithes les plus importants ont été ainsi *illustrés*, il y a plus d'un siècle et demi, par un savant que les zoologistes de nos jours, entre autres Cuvier, ont traité légèrement en le jugeant au point de vue de la science moderne et en ne voyant dans ses ouvrages que les parties qui prêtent à la critique.

Sans doute sa méprise sur la Salamandre fossile d'Œningen, qu'il décrivit sous le titre d'*Homo diluvii testis* (1), et que le grand anatomiste français remit à sa vraie place, est peu excusable de la part d'un médecin instruit, mais il ne faut pas pour cela méconnaître ses mérites à d'autres égards.

Lorsqu'on étudie avec quelque attention les travaux de

(1) In-4. Zurich, 1726. — Voy. aussi *Physica sacra*, pl. 49, p. 66. — Le dessin a été reproduit sans observation par Bourguet, d'Argenville et Lesser, mais J. Gesner a pensé que ce fossile pouvait être un poisson du genre Silure. — Voy. aussi Andræa, *Hannov. magaz.*, 1764, p. 619 et 774. — Scheuchzer a encore écrit une lettre sur un squelette d'Éléphant pétrifié, *Journal helvétique*, mars 1738.

Scheuchzer, on y trouve, au milieu de beaucoup d'expressions diffuses et de cette phraséologie qui caractérise l'époque, des remarques judicieuses et originales sur des sujets traités souvent depuis avec beaucoup moins de sagacité. Ainsi, dans son *Specimen lithographiæ Helvetiæ curiosæ* (1) il s'est beaucoup occupé des *pierres lenticulaires* ou *numismales* des cantons de Schwytz, d'Uri et de Lucerne, de même que dans ses *Miscellanæa curiosa* (2), et, depuis cent cinquante ans que près de deux cents naturalistes ont décrit ces corps, aucun d'eux n'a rien dit de plus exact que lui.

Le catalogue raisonné de sa collection, qu'il a publié en 1716, est disposé d'une manière tout aussi méthodique qu'on pourrait le faire aujourd'hui. De quinze cents objets qui y sont énumérés, cinq cent vingt-huit provenaient de la Suisse, et le reste de divers pays. Depuis les plantes jusqu'aux mammifères, toutes les divisions des deux règnes y sont représentées. Les cornes d'Ammon seules sont au nombre de 149, et Scheuchzer est probablement le premier qui ait essayé de les classer suivant un certain ordre. Il en forme d'abord deux groupes : l'un comprenant celles qui sont épineuses, l'autre celles qui ne le sont pas. Chacun d'eux se divise suivant que les Ammonites sont *lisses* ou *striées*. Les cornes d'Ammon lisses se subdivisent d'après leurs tours comprimés, épais, arrondis, etc.; les cornes d'Ammon striées, suivant que les stries sont simples, bifurquées, trifurquées, etc. Il reprend ensuite, en se conformant à ces divisions, les cent quarante-neuf formes qu'il a distinguées et ajoute à chacune une phrase courte, caractéristique, sans jamais omettre l'indication de la localité d'où elle provient. Ce travail est bien supérieur à la longue dissertation historico-physique qu'avait donnée Reiskius en 1689 sur les Ammonites de Brunswick. Les Bélemnites sont placées par Scheuchzer après les Astéries et les Entroques, méprise bien excusable alors. En un mot, ce catalogue a pour le temps

(1) 1702.
(2) 1697.

un mérite presque égal à celui de Luidius, d'ailleurs beaucoup plus ancien, et dont nous parlerons plus loin.

Dans son *Herbarium diluvianum*, ou recueil de plantes fossiles, dont la seconde édition fut publiée en 1723, le même naturaliste énumère et figure une grande quantité d'empreintes de plantes provenant de diverses localités, et particulièrement celles du terrain houiller d'Angleterre, des dépôts lacustres d'Œningen, près de Constance, et quelques-unes du mont Bolca dans le Vicentin, mais, on le conçoit, sans qu'il cherche à établir entre elles aucune différence d'âge. Ce fut en présentant cet ouvrage à l'Académie des sciences que Fontenelle, alors secrétaire perpétuel, dit : *Voilà de nouvelles espèces de médailles dont les dates sont et sans comparaison plus importantes et plus sûres que celles de toutes les médailles grecques et romaines* (1).

On a souvent depuis fait honneur de cette pensée à bien des naturalistes, entre autres à G. Cuvier, mais on voit qu'elle remonte à plus d'un siècle auparavant, et, sans que nous prétendions que ce dernier ne fût très-capable de la trouver aussi, on conviendra qu'elle est plus dans la tournure d'esprit du secrétaire perpétuel de 1710 que de celui de 1820. Scheuchzer vint en France et lut à l'Académie, dont il était correspondant, une dissertation latine sur les pierres figurées, dans laquelle il compare les Numismales qu'il avait observées aux environs de Noyon (Oise) avec celles de la Suisse qui avaient été de sa part l'objet de si longues études (2).

(1) *Histoire de l'Académie royale des sciences pour l'année* 1710, p. 20, 1712.

(2) Nous ferons remarquer ici, ce que l'on ne devra pas perdre de vue dans la suite, qu'il y a certains genres de fossiles et même certaines familles dont les noms reviendront souvent dans ce *Précis*, parce que, très-répandus dans la nature, les uns à certaines époques déterminées et particulières, les autres, au contraire, dans toute la série des terrains, ils ont, par ces motifs, attiré de tout temps l'attention des naturalistes et même du vulgaire. Ces fossiles ont donc été, plus que les autres, l'objet de nombreuses dissertations; ils ont été figurés mainte et mainte fois, et doivent par conséquent dans une revue historique se présenter plus souvent sous notre plume. Tels

Jean Gesner, dans sa dissertation physique sur les pétrifications d'origines différentes (1), continua l'œuvre de Scheuchzer. On lui doit cette curieuse observation, que les restes fossiles de radiaires échinides, stellérides et crinoïdes se brisent toujours en présentant dans leur cassure les plans du rhomboèdre de la chaux carbonatée. J. Gesner.

Louis Bourguet, quoique né à Nîmes en 1678, passa presque toute sa vie à Neufchâtel, où il professa la philosophie et les mathématiques; aussi son *Traité des pétrifications* (2), comme ses *Lettres philosophiques* (3), se rapporte-t-il principalement à l'histoire naturelle de son pays d'adoption. L. Bourguet.

Dans le premier de ces ouvrages, qu'il regarde comme un complément de ceux de Langius et de Scheuchzer, il traite de tous les fossiles, depuis les éponges jusqu'aux poissons, sans distinction de terrain. Il décrit particulièrement des crustacés de la côte de Coromandel et des poissons pétrifiés, rencontrés tant en Europe qu'en Asie. Ce travail n'est pas, à proprement parler, zoologique, et, si l'on ajoute qu'on n'y trouve aucune indication sur les localités d'où proviennent les fossiles qui ont été recueillis évidemment dans la plupart des terrains, on en conclura qu'il est d'une très-faible importance sous ces deux

sont les Nummulites pour le terrain tertiaire inférieur, puis les dents de Squales (Glossopètres), les rudistes pour la formation crétacée supérieure, les Bélemnites pour les formations crétacée et jurassique, les Ammonites et les baguettes de Cidaris pour tout le terrain secondaire, les trilobites pour le terrain de transition, les brachiopodes pour la série géologique entière, toujours abondants et d'une variété dans les types qui défie l'imagination la plus féconde, les Éléphants et les Rhinocéros pour la période quaternaire, comme les Mastodontes dans celles qui l'ont immédiatement précédée, etc. Ces répétitions auront d'ailleurs, par ce fait seul, l'avantage de faire apprécier d'avance la plus grande importance relative de ces mêmes êtres organisés, par le rôle qu'ils ont joué simultanément ou successivement dans l'histoire biologique de la terre.

(1) *Tractatus de petrificatis*, in-8, 1758.

(2) *Traité des pétrifications*, avec figures, par M. B***, in-4 avec 60 planches. Paris, 1742; éd. nouv., 1762.

(3) Sur la pierre Bélemnite et la pierre Lenticulaire, avec un mémoire sur la théorie de la terre, in-8. Amsterdam, 1729.

rapports. Mais à d'autres égards, il n'est pas, même aujourd'hui, sans utilité. Ainsi, on trouve dans la préface une appréciation fort juste de l'infériorité où était la France en 1741, relativement à la connaissance des fossiles de son propre sol. Bourguet donne ensuite une bibliographie scientifique par nations qui confirme pleinement son opinion et qui continue la bibliographie de Scheuchzer en la reliant, par une sorte d'anneau intermédiaire, avec celle du grand ouvrage de Walch et Knorr. L'indication de près de quatre cents localités des diverses régions du globe, où des fossiles avaient été recueillis jusqu'à cette époque, n'est pas non plus un travail dénué d'intérêt et fait regretter que l'auteur n'ait pas eu la même attention pour les fossiles eux-mêmes.

On doit à Bourguet des remarques sur la correspondance des angles saillants et rentrants des vallées, sujet auquel on a voulu donner plus tard une importance théorique qu'il est loin d'avoir; il a étudié la composition des roches, la constance de l'épaisseur des couches qui offrent dans les montagnes des positions si variées, depuis celles qui sont parallèles et horizontales jusqu'à celles qui sont pliées en zigzag. Partout il a remarqué la présence de débris organiques remplis par la matière même de la roche qui la renferme et dont ils sont ainsi contemporains. On a vu qu'à peu près dans le même temps des considérations analogues avaient occupé Arduino. Il constata enfin, sur les pentes calcaires du Jura, l'existence de blocs de roches cristallines semblables à ceux que le géologue véronais signala, quelques années après, sur les sommités secondaires du versant méridional des Alpes ; mais ni l'un ni l'autre n'émit d'opinions particulières sur les traces d'un phénomène qui devait, un siècle plus tard, exercer la sagacité des géologues et donner lieu à des discussions aussi vives qu'à des théories variées (1).

(1) Voy. aussi Swinger, *Remarques lithologiques*, *Actes helvét.*, vol. III, 1748. — D'Annone, *Essai d'une description historique des curiosités du canton de Bâle*, ibid., vol. IV. — Andræ, *Lettres suisses*, *Ichthyolithes d'Œningen*, 1764. — Lesser, *Lithothéologie*, poissons; *Hannov. magaz.*

La ville de Zurich, qui pendant si longtemps semble avoir eu le privilége presque exclusif d'être le centre des naturalistes suisses, et d'où sortaient leurs publications les plus importantes, vers l'époque à laquelle nous arrivons, perd une partie de ces prérogatives au bénéfice de Genève, qui nous montre encore aujourd'hui, avec un juste orgueil, les représentants de ces familles où, depuis plus d'un siècle, la science et l'esprit sont héréditaires. Bénédict de Saussure, qui naquit dans cette dernière ville en 1740, et J. André de Luc en 1727, s'avancent d'un pas plus ferme dans le champ des études de la nature, en y joignant des connaissances physiques plus étendues. On ne peut pas dire cependant que leurs recherches aient contribué sensiblement à l'avancement de la paléontologie stratigraphique, parce que ni l'un ni l'autre n'a publié d'ouvrage iconographique sur les fossiles, parce qu'ils n'ont pas, plus que leurs prédécesseurs, rattaché la connaissance de ceux-ci à celle de l'âge des couches de sédiment, et qu'enfin l'examen méthodique de ces dernières n'a point reçu non plus de leurs travaux une impulsion nouvelle. B. de Saussure.

Néanmoins de Saussure, par la persévérance et la multiplicité de ses recherches géologiques, minéralogiques, physiques et botaniques, par leur exactitude et leur précision, comme par la droiture et la modestie de son caractère qui se reflètent si bien dans ses écrits, est une figure à part dans l'histoire des sciences naturelles; c'est une individualité qui se détache noblement de toutes celles qui l'environnaient vers la fin du XVIIIe siècle.

Le *Voyage dans les Alpes* (1) n'est point une œuvre de génie; cette longue et consciencieuse étude de la nature n'a point suggéré à l'auteur de ces idées fécondes qui servent de

— Bertrand, *Essai de minér. et d'hydrographie du canton de Berne.* (*Récréations minér.*, p. 28.) — Des empreintes de plantes, d'insectes et de poissons ont été signalées dans les schistes de Glaris. (*Lettres sur la Suisse*, par W. Coxe, vol. I, p. 69.)

(1) *Voyage dans les Alpes, précédé d'un Essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève*, 4 vol. in-4. Vol. I et II, Genève, 1786; vol. III et IV, Neufchâtel, 1796.

base à toute une science; mais c'est un de ces livres rares qu'on lit à tous les âges avec intérêt et profit, et qu'on lira dans tous les temps. La pensée et les faits y sont toujours rendus dans un style naturel, simple, concis, sans digressions superflues. On sympathise avec le voyageur; on le suit avec son savant ami, A. Pictet, au milieu des scènes alpestres qu'il décrit toujours avec une sobriété d'expression qui n'est pas pour cela dénuée de charme ni d'élégance. Aussi, bien que ce soit nous écarter un peu du cadre que nous nous sommes tracé, nous pensons qu'on ne nous saura pas mauvais gré de donner ici un aperçu des recherches géologiques de ce savant, l'une des gloires de son pays et qu'oublient trop souvent aujourd'hui beaucoup de ceux qui repassent incessament sur ses traces. Nous y sommes d'autant plus engagé que, d'une part, nous ne connaissons encore aucune analyse raisonnée de la partie géologique de ce grand travail, et que, de l'autre, son étendue doit empêcher bien des personnes d'en entreprendre la lecture.

Condenser dans quelques pages le résultat de trente années d'étude n'était pas une tâche sans quelques difficultés, et ces difficultés, dues à la grande quantité des matériaux accumulés dans quatre volumes in-4°, sont encore augmentées par la disposition même de ceux-ci. L'ouvrage se compose d'un certain nombre d'itinéraires de voyages, dirigés tantôt sur un point, tantôt sur un autre, et sans vues générales bien arrêtées. En outre, les opinions théoriques exprimées dans les deux premiers volumes sont assez différentes de celles qu'on trouve dans les deux derniers, publiés dix ans après, car de Saussure observait et écrivait sans parti pris, sans idées préconçues, sans entêtement, et modifiait volontiers ses opinions au fur et à mesure que les faits lui en démontraient le peu de fondement. C'était le propre de son caractère, ce n'en était pas sans doute le côté le moins estimable, et, à cet égard, il est encore un très-bon modèle à suivre.

Pour obvier à l'inconvénient d'une distribution des matières si peu méthodique, nous grouperons les observations du *Voyage dans les Alpes* qui se rapportent à notre sujet, en

rappelant d'abord celles qui traitent des environs de Genève et de la chaîne du Jura, puis, descendant au sud, nous les suivrons à travers la Savoie, le long du versant méridional des Alpes, dans le Milanais, le Piémont, les environs de Gênes, de Nice, pour remonter dans la Provence et le Dauphiné. Prenant ensuite le massif du Mont-Blanc comme centre, nous y rattacherons les parties les plus originales et les plus importantes des études de l'auteur, et, dans une troisième division, nous réunirons les détails relatifs aux autres grands massifs de la chaîne centrale, le Saint-Gothard, le Mont-Rose et le mont Cervin. Cet arrangement diffère peu, d'ailleurs, de l'ordre chronologique des excursions de de Saussure.

Dès les premières pages du *Discours préliminaire* (1), il justifie lui-même ce que nous avancions tout à l'heure. « C'est « surtout, dit-il, l'étude des montagnes qui peut accélérer les « progrès de la théorie du globe. Les plaines sont uniformes ; « on ne peut y voir la coupe des terres et leurs différents lits « qu'à la faveur des excavations qui sont l'ouvrage des eaux et « des hommes. Or ces moyens sont très-insuffisants, parce que « ces excavations sont peu fréquentes, peu étendues, et que « les plus profondes descendent à peine à deux ou trois cents « toises. Les hautes montagnes, au contraire, infiniment variées « dans leur nature et dans leurs formes, présentent au grand « jour des coupes naturelles d'une très-grande étendue, où l'on « observe avec la plus grande clarté, et où l'on embrasse d'un « coup d'œil l'ordre, la situation, la direction, l'épaisseur et « même la nature des assises dont elles sont composées et des « fissures qui les traversent. » On ne doit point s'étonner qu'avec de pareilles vues l'auteur n'ait obtenu que de si faibles résultats relativement à la chronologie des couches, qu'il observait d'ailleurs avec beaucoup de soin.

Essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève.

La description du mont Salève, situé au sud de Genève, et par laquelle de Saussure commence la série de ses recherches, est très-propre à faire voir sa manière de procéder et de con-

(1) Vol. I, p. 11.

clure. Ainsi, en parlant des blocs erratiques, épars sur sa pente orientale, il dit (p. 151) : « Les eaux de l'Océan dans lequel « nos montagnes ont été formées couvraient encore une partie « de ces montagnes, lorsqu'une violente secousse du globe ou- « vrit tout à coup de grandes cavités qui étaient vides aupara- « vant et causa la rupture d'un grand nombre de rochers. Les « eaux se portèrent vers les abîmes avec une violence extrême, « proportionnée à la hauteur qu'elles avaient alors, creusèrent « de profondes vallées et entraînèrent des quantités immenses « de terre, de sable et de fragments de toutes sortes de roches. « Ces amas, à demi liquides, chassés par le poids des eaux, « s'accumulèrent jusqu'à la hauteur où nous voyons encore « plusieurs de ces fragments épars. »

La présence de ces débris de roches cristallines des Alpes, déjà signalée par Bourguet, sur les pentes du Jura opposées au débouché de la vallée du Rhône, comme ceux du Salève, vis-à-vis du débouché de l'Arve, sont, pour de Saussure, des preuves irrécusables de son hypothèse. La brisure du fort de l'Écluse aurait été en grande partie approfondie par les eaux, et, en résumé, c'est à une grande débâcle, survenue lorsque la mer couvrait encore les montagnes jusqu'à une hauteur considérable, que doivent être attribués l'aspect érodé des escarpements du Vouache, du Salève, de la gorge du fort de l'Écluse et la dispersion des blocs et des cailloux.

Quant au Salève en particulier, ses couches, inclinées à l'E., verticales même par places, auraient été déposées telles qu'on les voit aujourd'hui. « Si les couches des montagnes, dit l'au- « teur (p. 185), n'avaient été produites que par des accumula- « tions de sédiments proprement dits, comme on le croit com- « munément, il n'aurait pas pu se former de couches dans une « situation verticale, et toutes celles à qui nous voyons cette « position n'auraient pu la recevoir que de quelque bouleverse- « ment ; mais, comme les bancs de la plupart des roches ont été « produits, suivant mes observations, par *une espèce de cristal-* « *lisation confuse*, et que les cristallisations n'affectent aucune « situation particulière, qu'elles se forment sous toutes sortes

« d'angles, on ne doit nullement s'étonner de voir des couches « perpendiculaires à l'horizon ou même contournées et dans des « situations que des sédiments n'eussent jamais pu prendre. »

Cette idée de la cristallisation des couches de sédiment était d'ailleurs fort en vogue à cette époque, comme on le verra plus loin, et de Saussure ne croit pas impossible que les tranches même des couches du Salève, coupées, comme on le voit aujourd'hui, presque à pic du côté de Genève, n'aient été disposées ainsi dès l'origine. Aussi repoussa-t-il les explications de Pallas et de Lazzaro Moro, relatives au soulèvement de ces mêmes couches, plus ou moins redressées dans les montagnes. Cependant on vient de voir que de Saussure ne se fait pas faute d'évoquer les secousses violentes qui bouleversent des montagnes entières, lorsque ces secousses lui sont nécessaires pour faire mouvoir les eaux de ses grandes débâcles, et l'on peut dire alors qu'il fait jouer lui-même les *grandes machines* dont il reproche assez gratuitement l'emploi aux autres (p. 189).

Après avoir décrit et figuré deux coquilles bivalves remarquables du Salève, l'une que de Luc avait fait connaître, sans la nommer, et qui est la *Diceras Lucii*, Defr., l'autre une Pinnigène (*P. Saussurii*, Defr.), de Saussure fait remarquer que la montagne des Voirons, située au nord-est de la précédente, de l'autre côté de l'Arve, est composée de grès en couches inclinées aussi vers les Alpes, et qu'à partir de Taninge, c'est au contraire de ce côté que les montagnes commencent à présenter leur face abrupte. Les couches du Môle confirment aussi cette observation générale, que les montagnes secondaires sont d'autant plus irrégulières et plus inclinées qu'elles s'approchent davantage des roches primitives (p. 229). Les coteaux de Montoux, de Boisy sont également formés de grès tendres ou mollasses, plus ou moins relevés vers le lac, et, d'après les calcaires qu'on y trouve, notre savant guide admet que la mer y a séjourné longtemps. Il se fonde sur ce que « les pierres calcaires « ne se forment que par des sédiments successifs des eaux peu- « plées d'animaux marins, et les grès, étant à ciment calcaire, « doivent s'être aussi déposés dans la mer. » Ainsi, il n'admet-

tait pas encore l'existence des dépôts lacustres, déjà si connus de l'autre côté des Alpes. Les calcaires foncés, compactes, de Meillerie sont décrits ensuite sans être autrement distingués, et il en est de même des roches des environs de Saint-Gingolf.

Chaînes du Jura.

Passant au nord du lac, il trace avec une grande justesse de coup d'œil les caractères physiques ou orographiques du Jura; mais sa manière d'en apprécier la stratification, d'accord avec ce qu'il a dit du Salève, montre jusqu'à quel point il était encore loin de la vérité. « J'ai cru pendant longtemps, dit-il (p. 277), « que toutes les couches devaient avoir été formées dans une « position horizontale ou peu inclinée à l'horizon, et que celles « qu'on rencontre dans une position perpendiculaire ou très- « inclinée avaient été mises dans cet état par quelque révolu- « tion; mais, à force de rencontrer des couches dans cette si- « tuation, de la voir dans des montagnes bien conservées et qui « ne paraissaient pas avoir subi de bouleversement, et d'obser- « ver une grande régularité dans la forme et la direction de ces « couches, je suis venu à penser que la nature peut bien avoir « aussi formé des bancs très-inclinés et même perpendiculaires « à la surface de la terre. » De sorte que c'est la régularité et la symétrie de l'irrégularité même qui lui fait admettre une conclusion si singulière, conséquence naturelle de la fausse voie dans laquelle il s'était engagé dès le commencement.

Le Jura, continue de Saussure (p. 281), est composé de différentes chaînes à peu près parallèles entre elles et aux Alpes, mais tirant un peu plus du N. au S. Celle de ces chaînes qui est la plus élevée et la plus voisine des Alpes avait dans l'origine la forme d'un dos d'âne dont les pentes, à partir du faîte, occupent les flancs en descendant jusqu'au pied. Les chaînes qui lui succèdent à l'ouest sont graduellement moins élevées, moins étendues, et leurs couches, courbées en voûtes ou en demi-voûtes, viennent enfin mourir dans les plaines. Celles-ci ont à leur tour pour base des bancs calcaires horizontaux de même nature que ceux des monts Jura et qui furent peut-être anciennement contigus avec eux.

La pierre grise, dure, compacte, qui constitue le noyau des

hautes montagnes, renferme peu de coquilles pétrifiées, tandis que les pierres tendres, colorées, des montagnes basses de la Franche-Comté et du Bugey en sont remplies (1). La Dôle et ses environs, la roche du Chalet où les restes fossiles sont abondants, les couches oolithiques ou composées de grains concrétionnés sont décrits successivement, et ces derniers corps sont rapportés à leur véritable origine par l'auteur. Quant aux couches repliées en chevron qu'il remarque çà et là, il ne suppose point que cette disposition soit le résultat d'une action mécanique postérieure à leur dépôt.

Dans l'examen de la perte du Rhône (p. 325), de Saussure distingue, non pas des assises successives, mais différentes natures de pierre composant les parois de la gorge que parcourt le fleuve, et sans aucune vue stratigraphique. Il signale des fossiles, tels que des Ammonites et des Turbinites, dans le banc supérieur des roches calcaires, et la couche d'argile pyriteuse au-dessous du banc coquillier; dans l'argile et le sable verdâtre sont des Ammonites de formes variées, des Gryphites striées (probablement l'*Inoceramus sulcatus*); des échinites et des fragments d'Orthocératites (probablement de Hamites). Perte du Rhône.

En faisant ici (p. 336) une excursion dans le champ de la zoologie microscopique, l'auteur sépare très-justement des Nummulites les corps lenticulaires (*Orbitolina*), dont une des couches de cette localité est pétrie, mais il est porté à les considérer plutôt comme un minerai de fer terreux que comme les restes d'un animal ou d'une plante; quant aux Nummulites elles-mêmes, elles sont, de sa part, l'objet d'une dissertation assez étendue et d'hypothèses dont nous avons déjà démontré le peu de fondement (2).

Revenant ensuite aux bords du lac de Genève, il en décrit la rive septentrionale et particulièrement le Jorat, composé de grès ou mollasse et qui forme la ligne de partage des eaux qui Le Jorat.

(1) Mém. de M. de Lezay-Marnesia sur les fossiles d'Orgelet. (*Acad. de Besançon.*)

(2) D'Archiac et J. Haime, *Monographie des Nummulites*, p. 16.

se rendent dans l'Océan par le Rhin de celles qui se rendent au sud dans la Méditerranée par le Rhône. L'existence des blocs de granite sur ces grès et leur absence à l'intérieur de la roche lui prouve que la formation de cette dernière est antérieure à la débâcle qui a accumulé sur les basses montagnes extérieures ces débris provenant des montagnes centrales. Le mont de Sion, entre le Vouache et le Salève, lui offre la même composition et les mêmes caractères.

Voyage de Genève à Annecy et à Aix.

Nous devons dire dès à présent qu'entre ce premier mémoire et le voyage dont nous allons parler, de Saussure avait parcouru d'autres parties des Alpes sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure, et où il avait trouvé des motifs pour modifier singulièrement son opinion, quant à la formation des couches redressées; aussi ne devons-nous pas être étonné de le voir admettre, dans son itinéraire de Genève à Annecy et à Aix, que les grès, d'abord peu inclinés, puis verticaux d'Albie, ont été redressés, et cela par cette seule raison qu'il y trouve des cailloux (1). Ainsi, ce ne sont ni la présence des corps organisés, ni les vrais caractères de la stratification qui lui font reconnaître ce changement de position, c'est uniquement l'existence des cailloux, et sans eux il eût persisté à voir des phénomènes de cristallisation dans toute roche en couche non horizontale.

En cet endroit, un dépôt de sable et de cailloux qui s'étend sur les précédents lui prouve le dérangement antérieur de ceux placés dessous.

De Saussure, qui prenait constamment et avec un grand soin, la boussole à la main, la direction et l'inclinaison des couches, n'a jamais tiré la plus simple conséquence de ce mode d'observation ; aussi ne se rend-on compte de sa persistance à cet égard que par son habitude de noter tout ce qui pouvait être noté. On peut croire aussi qu'un manque complet d'aptitude à reproduire graphiquement ses observations l'a empêché très-souvent de tirer de celles-ci toutes les conséquences auxquelles il aurait été conduit par des dessins et des profils suffisamment

(1) *Voyage dans les Alpes*, vol. III, p. 5. Neufchâtel, 1796.

exacts ; car rien ne force à se rendre compte des rapports naturels des couches comme la nécessité de les tracer sur le papier.

D'Aix à Chambéry et autour de cette dernière ville règnent des calcaires inclinés ou horizontaux, quelquefois gris, compactes et approchant du marbre. De Saussure mentionne les couches repliées en S de la montagne de la Tuile, près de Montmélian, les ardoises qui commencent à se montrer au delà de Planèse, la fonderie de cuivre d'Aiguebelle, dont le minerai est extrait de la montagne de Saint-Georges, et les roches feuilletées, micacées et quartzeuses de cette partie de la vallée de l'Arc. Les granites s'y montrent çà et là pour se terminer à Saint-Jean (p. 56). De ce point à Lans-le-Bourg sont des schistes et des calcaires noirs. Les masses de gypse, très-fréquentes dans tout ce pays jusqu'au Mont-Cenis, offrent un aspect très-tourmenté, mais il les croit malgré cela horizontales et beaucoup plus récentes que toutes les pierres de cette partie des Alpes. P. de Lamanon, en faisant ici l'application de ce qu'il avait observé dans le bassin tertiaire d'Aix en Provence, regardait ces mêmes gypses comme ayant été formés dans des lacs d'eau douce au fond de ces vallées (1). Maurienne et Tarentaise.

Les détails très-précis observés le long de la route à Saint-Michel, à la Buffe, à la Bastière, au pont de la Denise, aux Fourneaux, à Saint-André, à Modane, à Villarodin, à Bromans, à Termignan et à Lans-le-Bourg, sont, avec ceux des environs de Chamouni dont nous parlerons tout à l'heure, ce qui a le plus contribué à éclairer l'auteur sur la véritable origine des couches redressées. Ce passage de de Saussure est d'ailleurs un des mieux écrits de son ouvrage, et d'une exactitude dont on peut juger en le comparant avec tout ce qui a été publié dans ces derniers temps par les géologues, soit isolément, soit réunis comme au mois de septembre 1861. Aussi doit-on s'étonner qu'il ne soit venu dans la pensée d'aucun de ces observateurs de mettre en regard la description de 1789 avec celles exécu-

(1) *Journal de physique*, vol. XIX, p. 185. 1782.

tées soixante-douze ans après. C'eût été à la fois un hommage rendu à l'un de nos plus glorieux devanciers et un moyen de faire apprécier par leurs résultats la différence des méthodes d'observation. Mais le *personnalisme* contemporain se préoccupe assez peu de ces sortes de considérations, craignant peut-être de diminuer son propre mérite en parlant de celui des autres.

(P. 56.) Au passage du Mont-Cenis, le savant naturaliste de Genève observe les schistes micacés, les calcaires, la position du gypse, des calcaires micacés, des grès, etc. De la Grande-Croix à la Novalèze se montrent quatre assises puissantes de schistes micacés, alternativement effervescents et non effervescents, avec des calcaires et des quartz subordonnés çà et là. De Lamanon (1) avait décrit une des cimes voisines de la plaine du Mont-Cenis, et la roche Michel, qui en est peu éloignée, atteint 1792 toises d'altitude, d'après de Saussure (p. 80). Suivent d'autres détails observés entre la Novalèze et Turin.

Résumé. (P. 102.) Dans son coup d'œil général sur les faits précédents, il ne se préoccupe aucunement de la superposition et se borne à constater la nature des roches qui se succédaient le long de sa route, sans songer à replacer dans leur position première les couches qu'il admet actuellement en avoir été dérangées. Il ne mentionne point ici les gypses, parce qu'il les regarde comme une « production parasite qui ne tient point au « fond des rochers dont les montagnes sont composées. » Cette manière de voir se conçoit à certains égards et d'après ce qui vient d'être dit ; mais, dans certains cas aussi, des superpositions directes eussent pu lui faire rejeter cette idée de *parasitisme*.

Du côté de l'Italie comme du côté de la Savoie, continue de Saussure, les Alpes sont bordées par des amas considérables de sable, de cailloux roulés et de blocs détachés de ces mêmes Alpes, rassemblés et accumulés par des courants d'eau d'une force et d'une grandeur incomparablement supérieures à celles

(1) *Journal de physique*, 1784, n°s 267, 274 et 279.

des courants actuels. Du côté de l'Italie, la première ligne de montagnes est fort étroite, remplie de roches magnésiennes (serpentines, etc.); du côté de la Savoie, c'est une bande de montagnes calcaires d'une largeur considérable. Sur ce dernier côté, la seconde ligne est formée de schistes ardoises et de roches quartzeuses, quelquefois micacées. Vers le Piémont, ces dernières succèdent immédiatement aux roches magnésiennes sans l'interposition des ardoises. Vers le centre, en Savoie, ce sont des roches de pétro-silex, de mica et de feldspath; en Piémont, ce sont des granites veinés (gneiss). En Savoie, des roches de corne, des alternances de calcaire, d'ardoises et de pétro-silex constituent la partie la plus voisine de la chaîne centrale; en Piémont, ce sont des calcaires et des roches magnésiennes. Enfin, les gypses parasites manquent au sud; de sorte, dit l'auteur, que les deux flancs opposés des Alpes ne sont ni semblables, ni symétriques quant aux roches qui les composent. Il en est de même de leurs formes, et la pente méridionale est ici beaucoup plus abrupte que la pente nord, comme on l'observe encore sous le parallèle du Mont-Blanc et du grand Saint-Bernard. Il s'ensuit également que les plus grands escarpements de la chaîne centrale sont tournés vers l'Italie.

(P. 107.) De Saussure admet bien que toutes les roches n'ont pas été disposées ainsi par des causes régulières et uniformes. « Ce désordre, dit-il, rappelle naturellement à l'esprit « l'idée des feux souterrains; mais comment des feux capables « de soulever, de bouleverser des masses aussi énormes, « n'auraient-ils laissé, ni dans tous ces lieux ni dans ces « mêmes masses, aucun vestige de leur action? Je n'ai pu « découvrir aucune pierre qu'on puisse soupçonner avoir subi « l'action du feu. » Ainsi, il ne concevait pas une autre cause interne que celle qui produit les volcans, et tout ce que l'on avait déjà écrit de si judicieux à ce sujet n'avait aucune valeur à ses yeux, ou ne lui était pas connu.

L'orographie du pays que l'œil embrasse de la colline de Superga, près de Turin, est parfaitement tracée, et de Saussure fait voir ensuite, en traversant la plaine de la Lombardie, Piémont.

que le peu d'épaisseur de la terre végétale n'est pas nécessairement une preuve du peu d'ancienneté des continents actuels. Partout les cailloux des plaines qu'arrosent les affluents du Pô et du Tessin sont l'objet d'une étude minutieuse. De Novi à Ottajano, il mentionne des collines *tertiaires*, expression que nous rencontrons pour la seconde fois sous sa plume, sans qu'il en donne de définition, et que d'ailleurs on ne retrouve plus dans ce qui suit. Il décrit pétrographiquement le rameau de la chaîne ligurienne de l'Apennin, observe qu'aux environs de Gênes (p. 141) les couches, redressées sous des inclinaisons très-variables, courent néanmoins constamment du N. au S., et il porte une attention toute spéciale aux poudingues du cap Porto-Fino que venait de signaler Spadoni (1).

Provence. (P. 156.) De Gênes à Nice, comme de cette ville à Fréjus, la relation du voyage n'est qu'une suite de détails pétrographiques, interrompus par des recherches sur la température interne, soit des eaux, soit des continents. Plus loin, la montagne de la Sainte-Baume, le cap Roux, la presqu'île de Gien et l'île de Porquerolles, les porphyres et autres roches de l'Esterel, les volcans éteints de Broussaut et d'Evenos, les roches que traverse la route de Toulon à Marseille, celles de cette ville à Aix, sont observés au même point de vue lithologique.

Après un examen très-circonstancié du volcan de Beaulieu (p. 315) (2) et des plâtrières d'Aix, de Saussure fait remarquer que, en général, les empreintes ou les restes de poissons fossiles, sans être absolument rares, le sont cependant plus que les coquilles, et qu'on n'en trouve que sur quelques points en quelque sorte privilégiés. Il est également digne de remarque que les carrières où l'on en rencontre en offrent alors beaucoup, disposés par lits sur une épaisseur considérable, ce qu'il attribue à l'ancienne existence de grands lacs salés ou d'eau douce qui se vidaient et se remplissaient successivement. Lorsqu'ils se vidaient, les poissons, réfugiés dans l'endroit

(1) *Lettere odeporiche sulle montagne ligustiche*, in-8, 1795.
(2) Voy. aussi Grosson, *Journ. de phys.*, vol. VIII, p. 228.

le plus bas, étaient ensevelis dans la vase, laquelle, en se durcissant, conservait leurs empreintes. Il ne fait d'ailleurs aucune réflexion sur l'âge, la position, l'étendue, l'épaisseur et l'origine supposée des dépôts gypseux, quoique le mémoire de Lamanon eût déjà paru, tandis qu'il s'étend longuement sur les cailloux de la Durance. En général, si de Saussure se borne aux caractères généraux et pétrographiques des couches en place, sans essayer de se rendre compte de leurs relations d'âge et de leur mode de formation, en revanche les cailloux, soit des dépôts meubles superficiels, soit des poudingues solides plus ou moins anciens, ont toujours pour lui un attrait particulier. Entre Avignon et Montélimart, il est frappé de la prédominance des cailloux de quartz (p. 361); de cette dernière ville à Tain, ce sont ceux de la vallée de l'Isère qui appellent son attention, et les variolites du Drac, regardées à tort par de Lamanon comme d'origine volcanique, ce qu'avait nié Prunelle (1), n'ont pas moins d'intérêt pour lui que celles de la Durance.

En redescendant au sud, il mentionne la mollasse de Pélissane, sans reconnaître ses rapports avec d'autres gisements analogues du pays. La plaine de la Crau lui offre la plus belle occasion possible de disserter sur une mer de cailloux; elle avait été déjà décrite exactement par Darluc (2), qui attribuait tous ces fragments de roches et leur arrangement aux vagues de la mer, tandis que P. de Lamanon (3) les regardait comme ayant été charriés par la Durance, et Servières par le Rhône (4). De Saussure rejette l'hypothèse de Lamanon, parce que, suivant lui, les espèces de cailloux qui dominent sur les bords de la Durance ne sont point celles de la Crau, et que réciproquement il n'y en aurait pas un seizième qui fussent communes. L'uniformité de la surface de cette plaine et le volume des cailloux plus consi-

(1) *Journal de phys.*, vol. XXV, p. 174, 1784.

(2) *Hist. nat. de la Provence*, vol. I, p. 288, 1782.

(3) *Journ. de phys.*, vol. XIX. p. 23, 1782. — *Ibid.*, vol. XXII, p. 477, 1783.

(4) *Ibid.*, vol. XXII, p. 270, 1783.

dérable que dans la vallée précédente sont également contraires à cette supposition. Mais, en rejetant au même titre l'intervention du Rhône dans le phénomène, il en trouve la cause dans la débâcle générale qui se serait produite lorsque les eaux de la mer, abandonnant nos continents, se portèrent avec une violence extrême vers les lieux les plus bas du sol où s'étaient ouverts les gouffres qui les engloutirent. C'est, on le voit, l'hypothèse déjà invoquée pour les cailloux du bassin de Genève. Ici de Saussure sort de sa réserve habituelle, et ce n'est pas d'une manière heureuse, car il ne fait que reproduire des idées vieilles de plusieurs siècles, et qui n'en étaient pas plus vraies pour cela. Enfin, le poudingue qui supporte les cailloux de la Crau serait pour lui une preuve de l'ancienne existence de la mer lorsque la débâcle supposée y apporta les débris en question.

Vivarais et Dauphiné.

En remontant la vallée du Rhône, le long de sa rive droite, à partir de Beaucaire, et passant le Gardon pour examiner successivement les environs du Pont-Saint-Esprit, de Bourg-Saint-Andéol, de Viviers, de Rochemaure, de Soyon et de Crussol (p. 418), on voit que de Saussure n'a point saisi les vrais rapports des alternances de roches calcaires, granitiques, schisteuses, etc., qu'il rencontre, ce qui se conçoit fort bien lorsqu'on se dirige comme lui du S. au N.; mais l'ouvrage de Giraud Soulavie, qui avait déjà paru, avait posé les bases de la stratigraphie de cette partie du Vivarais; il aurait donc pu s'éclairer des observations de ce judicieux abbé.

La renommée de l'Hermitage, près de Tain, lui en fait étudier le granite; puis ceux de Vienne, les cailloux de la plaine de Saint-Vallier, les sables d'Auberive, attirent successivement son attention. De Bourgoin à Vienne, sur la route de Lyon, il remarque des carrières de pierres coquillières jaunâtres employées dans la bâtisse, mais il n'y reconnaît pas cette mollasse qu'il a cependant déjà vue sur tant de points. Il ne la distingue pas non plus du dépôt de cailloux roulés, lorsqu'il s'approche de Lyon, comme lorsqu'il part de cette ville par la route de Genève, pour traverser de nouveau le Jura, par Nantua et la perte du Rhône.

Voyage autour du Mont-Blanc. — Région au nord du Mont-Blanc.

Après avoir essayé de donner une idée des recherches de de Saussure dans les parties qui avoisinent les Alpes centrales, ou qui les circonscrivent à une distance plus ou moins grande, nous passerons à ses excursions, exécutées à diverses reprises, dans le centre même de la chaîne et dont les résultats ont plus d'intérêt encore que les précédents.

« Le Mont-Blanc est une des montagnes de l'Europe dont la « connaissance paraîtrait devoir répandre le plus de jour sur la « théorie de la terre (1). » Cette première phrase de la relation du voyage entrepris au mois de juillet 1778 montre bien toute la confiance qu'avait alors de Saussure dans l'étude des montagnes; pour lui, comme pour bien des naturalistes de son temps, l'importance d'un phénomène se mesurait sur sa grandeur physique.

Dans ce voyage, alors qu'il n'avait encore aucune preuve directe du redressement des couches, l'étude des montagnes secondaires des environs de Bonneville, de Cluse, lui en fait bien naître l'idée; mais il ne va pas au delà. Il y distingue des *pierres brunes*, *feuilletées*, des *pierres grises*, calcaires et argileuses, et rien de plus. La belle voûte de la cascade d'Arpenaz et quelques autres accidents semblables lui suggèrent la pensée qu'ils doivent leur disposition à l'action des feux souterrains. « Mais, dit-il (p. 399), malgré ces obser- « vations, ce n'est pas sans peine que j'ai recours à ces « agents presque surnaturels, surtout quand je n'aperçois au- « cun de leurs vestiges; car cette montagne et celles d'alen- « tour ne laissent apercevoir aucune trace du feu. » D'autres exemples de dislocations plus compliquées, lui font encore dire (p. 401) : « La cristallisation peut seule, à mon avis, rendre « raison de ces bizarreries. » Un peu avant Saint-Martin, les schistes ardoises alternent avec les lits de calcaires noirs. La direction et l'inclinaison des couches sont toujours constatées avec soin; mais quelle pouvait en être l'utilité, dès que l'on croyait à la cristallisation? à moins qu'on ne considérât les

(1) *Voyage dans les Alpes*, vol. I, seconde partie, p. 355, 1786.

plans comme étant ceux des cristaux ou des indications du clivage? mais de Saussure avait trop de bon sens pour pousser la conséquence jusque-là.

(P. 430.) Il remarque, vers le fond de la vallée de Chamouni, la présence du gypse, de bancs calcaires et d'ardoises, appliqués contre la base du Mont-Blanc et des autres montagnes de la chaîne, mais sans qu'ils pénètrent au cœur des massifs primitifs. Il étudie ensuite les glaciers et passe aux montagnes des environs de Valorsine. Son ascension du Buet et sa description du panorama qu'on a sous les yeux, lorsqu'on est à son sommet, ont un vif intérêt. La montagne est particulièrement composée de calcaires gris noirâtre et sableux, d'ardoises noires, pesantes, de bancs de grès, de calcaires très-minces alternants, etc. Il détermina barométriquement son altitude, qui se trouva être de 1578 toises 1/2, et Pictet, qui l'accompagnait, ayant pu prendre l'angle de hauteur de la cime du Mont-Blanc, qu'il trouva de 4°, 21′, 30″, en déduisit l'élévation de cette dernière montagne de 2258 toises au-dessus du lac ou 2426 au-dessus de la mer.

De ce point, comme d'un observatoire, de Saussure put embrasser un immense horizon et saisir les caractères généraux des chaînes centrales (p. 503). Le granite qui les forme toutes est pour lui stratifié ou disposé par grands feuillets, plus ou moins verticaux, surtout dans l'axe même des crêtes. Ceux des flancs, inclinés, s'appuient contre les précédents et sont rarement renversés en sens contraire. Les plans des feuillets sont parallèles entre eux et à la direction générale de la chaîne dont ils font partie. Ici la direction commune est N.-E., S.-O. Quant aux montagnes secondaires, composées d'ardoises et de calcaires, lorsqu'elles s'appuient contre les primitives, elles sont aussi divisées en grands feuillets, presque verticaux, se terminant par des pyramides.

(P. 511.) Il faudrait, suivant l'auteur, chercher, dans la direction des plans des couches inclinées, la clef de la théorie de la terre relativement à la direction des courants de l'ancien Océan dans lequel les montagnes ont été formées. Il s'ensuit que la direction des couches et des chaînes résulterait de celle des

courants marins, et que les chaînes se seraient formées sous la mer, telles que nous les voyons aujourd'hui. Lorsqu'il écrivait cette relation de son premier voyage, notre savant guide n'était donc pas encore au-dessus des spéculations les plus étranges du XVIIe et de la première moitié du XVIIIe siècle.

(P. 528.) Les grès et les poudingues s'observent toujours, dit-il, à la séparation des couches primitives et secondaires, et il en est de même entre celles-ci et les tertiaires; d'où il conclut que « tous les grands changements dans les causes génératrices « des montagnes furent précédés par des secousses du globe, « qui réduisirent en fragments plus ou moins grossiers diffé- « rentes parties des montagnes qui existaient alors; que ces « fragments furent déposés par couches sur la surface de ces « montagnes dans un ordre relatif à leur pesanteur; que là des « sucs de différente nature les agglutinèrent et les convertirent « en grès ou en poudingues; qu'ensuite de nouveaux dépôts « ou de nouvelles cristallisations produisirent de nouvelles « couches, qui, par le changement arrivé dans les causes gé- « nératrices des montagnes, se trouvèrent être d'une nature « différente des premières et formèrent de nouveaux genres de « montagnes. Ces bancs de sable et de débris, interposés entre « les dernières couches primitives et les premières secondaires, « n'empêchent pas qu'en général il n'y ait une liaison marquée « et des transitions nuancées entre ces deux ordres de mon- « tagnes. »

(P. 533.) Les filons de granite observés dans des roches feuilletées y auraient été déposés par des eaux venant d'en haut. C'est, on le voit, la théorie des filons métallifères telle que la professait alors Werner, appliquée au granite dont les éléments se trouvaient en dissolution dans l'eau d'infiltration qui descendait des hautes chaînes. « Que faudrait-il donc encore, se de- « mande alors l'auteur (p. 536), pour qu'il fût indubitable que « les montagnes de granite aient été réellement formées dans « l'ancien Océan? »

Il faudrait, continue-t-il, que les granites fussent disposés par couches et qu'ils renfermassent des vestiges des habitants

des eaux. La première condition est résolue affirmativement, puisque pour lui les granites sont parfaitement en couches, ou stratifiés, comme nous dirions aujourd'hui. Dans quelques cas cependant où cette disposition n'est pas apparente, comme dans les montagnes peu élevées, il explique cette exception par des phénomènes ultérieurs qui auraient fait disparaître les fissures indiquant les plans des couches. Quant à la seconde condition, elle n'est point remplie à la vérité, mais il ne la trouve pas absolument nécessaire, par cette raison, dit-il, qu'il n'y a pas non plus de fossiles dans les couches secondaires immédiatement superposées, lesquelles cependant, de l'aveu de tous, ont été formées dans la mer, et parce qu'il s'en rencontre dans ces mêmes roches lorsqu'on descend vers les basses montagnes et dans la plaine. Les eaux de l'Océan primitif ne renfermaient point les éléments de la vie qui s'y sont développés peu à peu.

En revenant ensuite dans la vallée de Chamouni, de Saussure étudie le Montanvert, les glaciers qui l'avoisinent et le Brévent (1). Les granites veinés et feuilletés lui suggèrent toujours les mêmes réflexions et les mêmes doutes sur leur mode de formation, et il ne peut se résoudre à admettre des redressements si fréquents et si réguliers; il en est de même des granites veinés ou en masse, feuilletés ou sans divisions, qui auraient une origine semblable.

Poudingue de Valorsine.

Lors d'un premier voyage fait en 1776, allant visiter les sources de l'Arve, non loin de Valorsine, « je trouvai, dit de « Saussure, des choses auxquelles je ne m'attendais point, et « qui étaient bien plus intéressantes que les sources; cependant « j'ai cru devoir y retourner encore une fois l'année dernière « (1784) pour observer avec attention les objets que je vais « décrire. » Ce sont des schistes gris et lie de vin, remplis de cailloux arrondis ou anguleux, de diverses natures et de diverses grosseurs, disposés en couches verticales, et qu'il n'hésita pas à regarder comme ayant dû être formés horizontalement et redressés ensuite après leur consolidation.

(1) *Voyage dans les Alpes*, vol. II, p. 39, 1786.

« Quelle est la cause qui les a redressés, se demande-t-il? C'est « ce que nous ignorons encore; mais c'est déjà un pas, et un « pas important, au milieu de la quantité prodigieuse de cou- « ches verticales que nous rencontrons dans nos Alpes, que « d'en avoir trouvé quelques-unes dont on soit parfaitement « sûr qu'elles ont été formées dans une situation horizontale. « La masse entière de cette montagne, ajoute-t-il plus loin « (p. 103), élevée de 1181 toises au-dessus de la mer, a donc « été redressée par la même révolution; car toutes ses couches « ont à peu près la même situation que nos poudingues encla- « vés au milieu de la montagne et dont l'épaisseur n'est pas « moins de 100 toises. »

A partir de ce jour, les idées de l'auteur furent sensiblement modifiées, mais sa manière d'observer resta la même, quant à l'âge relatif des diverses roches de la vallée de Chamouni.

Il pense que les ardoises proprement dites, les pierres calcaires bleuâtres ou noirâtres, mêlées de mica ou de grains de quartz, sont fort antérieures à la révolution qui a donné aux montagnes la forme qu'elles ont actuellement, changé la situation première des couches, creusé la plupart des vallées, etc.; on les trouve, en effet, dans un désordre qui prouve que la même révolution a troublé leur situation primordiale. Mais il serait porté à regarder comme beaucoup plus modernes les gypses et les pierres calcaires poreuses semblables au tuf, bien qu'elles ne contiennent aucun vestige de corps marins. La roche du Biolay pourrait cependant faire exception, étant engagée sous les roches primitives.

Après de nouveaux détails pétrographiques sur les roches de cette vallée, de Saussure, poursuivant son itinéraire autour du Mont-Blanc, décrit celles du col du Bonhomme, du passage des Fours (p. 186), les ardoises, les calcaires bleuâtres, alternants et diversement inclinés, des grès remplis de cailloux roulés recouverts à 1596 toises d'altitude par des ardoises grises, des roches quartzeuses avec mica et des brèches au col de la Seigne, etc. La structure en éventail (p. 200) est supposée pouvoir résulter de l'infiltra- Région au sud du Mont-Blanc.

tion de l'eau dans les feuillets des couches, d'abord toutes verticales. Les montagnes des environs de Cormayeur (p. 295) sont décrites comme offrant aussi cette disposition, mais sans que cette explication leur soit applicable, car l'auteur dit : « La mon-« tagne, dans sa totalité, est soutenue et ne surplombe point ; « tout est appuyé comme dans une voûte. » Partout règnent les ardoises, les calcaires noirs très-inclinés courant dans la direction de la vallée. Le Cramont, au sud de Cormayeur, montre une sorte de marbre cipolin ou calcaire à gros grain confusément cristallisé, bleu d'ardoise, avec des veines blanches et du mica.

(P. 331.) « En me trouvant sur ce magnifique belvédère, « dit le savant naturaliste, le premier objet de mon étude fut « le Mont-Blanc. Il se présente ici de la manière la plus brillante « et la plus commode pour l'observateur. On l'embrasse d'un « seul coup d'œil, depuis sa base jusqu'à sa cime, et il semble « avoir écarté et rejeté sur ses épaules son manteau de neige « et de glaces pour laisser voir à découvert la structure de son « corps. Taillé presqu'à pic dans une hauteur perpendiculaire « de 1600 toises, les neiges et les glaces ne peuvent s'ar-« rêter que dans un petit nombre d'échancrures, et il montre « partout à nu le roc vif dont il est composé. »

Sa forme paraît être celle d'une pyramide dont une des faces est tournée au S.-E., vers le Cramont, et dont l'angle au sommet serait de 130°. Cette pyramide paraît elle-même composée de grands feuillets triangulaires ou pyramidaux, dont trois, qui ont leur base dans l'Allée-Blanche, forment ensemble l'avant-corps de la base de la pyramide, exclusivement granitique dans toute sa hauteur.

Toutes les chaînes de montagnes qui environnent le Mont-Blanc de ce côté sont parallèles; elles présentent leurs escarpements abrupts vers lui, et c'est un fait général que le relèvement des roches secondaires des flancs contre l'axe cristallin de la chaîne centrale. De Saussure conclut de cette relation que, « puisque les montagnes secondaires ont été formées dans le « sein des eaux, il faut que les primitives aient eu la même ori-

« gine. » Il combat ensuite le creusement des vallées par les rivières et la correspondance des angles rentrants et saillants signalée par Bourguet. « On voit enfin, ajoute-t-il en « terminant, que la plupart des vallées ont été creusées, « non point dans la mer, mais au moment de sa retraite, « ou depuis sa retraite, par les eaux des neiges ou des « pluies » (p. 340). Cette opinion est donc très-différente de celle qu'émettait l'auteur dans le volume précédent (vol. I, p. 511) et par laquelle la direction des couches et des chaînes résultait de celle des courants marins, car alors les vallées qui les séparent doivent être contemporaines et non postérieures, comme il le dit ici. « Je ne prétends pas cependant, continue- « t-il (p. 343), que les eaux pluviales des torrents et des « vallées soient l'unique cause de la formation de celles-ci: le « redressement des couches des montagnes nous force à en « admettre une autre. » D'où nous pouvons conclure, à notre tour, qu'une certaine confusion régnait encore à cet égard dans la pensée de l'auteur, par suite d'observations incomplètes et parfois contradictoires.

(P. 394.) En descendant la vallée de la Doire par Aoste et Ivrée, de Saussure décrit une multitude de roches qui se succèdent sur ses flancs, toutes plus ou moins cristallines, calcaires, quartzeuses, micacées ou calcaires avec schorl, mica, stéatite, etc. Comparant ici, comme il l'avait déjà fait plus à l'ouest, les roches placées au nord et au sud de la chaîne centrale des Alpes, il remarque que les calcaires dominent encore dans la première direction, tandis que dans la seconde ce sont des roches feuilletées plus ou moins cristallines, et même des granites qui descendent jusqu'aux plaines (p. 425).

De Saussure remonte ensuite vers le grand Saint-Bernard, décrit les roches qui l'environnent, et croit que l'on s'est trop hâté de séparer les roches en primitives et secondaires, parce qu'il y a, suivant lui, de fréquentes alternances de calcaires, de schistes argileux et de schistes quartzeux et micacés. Puis, redescendant par Saint-Pierre, Martigny, Saint-Maurice et Bex, il complète ainsi la série de ses études autour du massif du Mont-

Blanc, massif sur lequel il ne tarda pas à diriger plus particulièrement les recherches dont nous allons nous occuper.

Massif du Mont-Blanc.

Lors de ses premières excursions, en 1760 et 1761, la cime du Mont-Blanc était encore regardée comme inaccessible, et ce ne fut qu'en 1775 et 1783 que des guides du pays tentèrent, mais sans succès, l'ascension, en partant de la vallée de Chamouni et se dirigeant par la montagne de la Côte (1). Vers le milieu de septembre de 1785, de Saussure et Bourrit essayèrent d'y arriver en partant de Bonnassey, et se dirigèrent en conséquence par l'aiguille du Goûté; mais, après s'être élevés à 1935 toises, l'accumulation de neiges récentes les empêcha de pousser plus avant. L'année suivante, dès le mois de juin, ils renouvelèrent cette tentative sans plus de succès (2), et l'attention se reporta de nouveau vers la montagne de la Côte. Jacques Balmat, guide expérimenté, découvrit à cette époque la véritable direction à suivre, et le médecin Paccard ayant eu la même idée, ils se réunirent et parvinrent au sommet de la montagne au mois d'août 1786. Ce fut le 1er août de l'année suivante que de Saussure, accompagné de dix-huit guides portant des instruments de physique et tout ce qu'il fallait pour camper plusieurs jours au milieu des neiges perpétuelles, put enfin réaliser le rêve de sa jeunesse.

Les roches rencontrées dans les deux premières journées de cette périlleuse entreprise, et qui percent çà et là les glaces et les plaques de neige, sont des schistes amphiboliques et feldspathiques, des granites veinés et d'autres roches syénitiques, avec plombagine, quartz et mica, des roches stéatiteuses ou granitoïdes, renfermant des nodules de quartz et presque verticales, enfin des schistes ardoises de teinte foncée. Au dôme du Goûté, la pierre était couverte de bulles vitreuses d'une teinte verte sur les cristaux d'amphibole, blanche sur ceux de feldspath, dénotant l'action de la foudre dans ces hautes régions (p. 164). Dans la troisième journée, de Saussure reconnut que

(1) *Voyage dans les Alpes*, vol. II, p. 550.
(2) *Ibid.*, vol. IV, p. 141.

le massif qu'il désigna sous le nom de l'*Épaule gauche* du Mont-Blanc était formé de granite divisé par des fentes verticales dirigées N.-E., S.-O., suivant le plan des couches. La stéatite, l'hornblende, la chlorite, la pyrite, la delphinite (épidote), y sont plus ou moins répandues. Enfin, la roche apparente la plus élevée de la montagne et même de toute l'Europe se rencontra, à 2400 toises, composée de granites en masse avec hornblende et stéatite remplaçant le mica, le feldspath en constituant les trois quarts. Les roches situées au sud de la cime, dominant l'Allée-Blanche, sont encore des granites, des syénites et des pétro-silex.

Le sommet du Mont-Blanc, qui fut atteint dans la matinée du 3 août, n'offrit à de Saussure qu'une arête allongée, fort étroite, à peu près horizontale, s'abaissant à ses extrémités, et dirigée E.-O. Elle est entièrement formée par la neige. Les roches en place n'affleurent qu'à 60 ou 70 toises au-dessous. Vues de ce point culminant, les montagnes environnantes, surtout celles situées au nord, dans la Suisse et la Savoie, paraissent assez bien liées entre elles et former des espèces de chaînes. « Mais les « montagnes primitives n'ont point cet aspect; elles paraissent « distribuées en grandes masses ou en groupes de formes va- « riées et bizarres, détachés les uns des autres, ou qui du « moins ne paraissent liés qu'accidentellement et sans aucune « régularité » (p. 179).

« Des observations faites dans toute la hauteur de ces massifs, « il résulte, continue-t-il, une propriété bien remarquable des « montagnes en couches verticales, c'est que leur nature est la « même depuis leur base jusqu'à leur cime, quelle que soit l'é- « lévation de cette dernière. Dans celles, au contraire, dont les « couches sont horizontales ou à peu près, on voit la nature de « la même section verticale changer à mesure qu'on s'élève, « circonstances qui tiennent à la différence de la cause qui a « donné à ces diverses montagnes leur situation et leurs formes. « Dans celles qui sont composées de tranches verticales, chaque « tranche est une seule et même couche, dans le sens propre « du mot, et non le résultat de quelques fissures accidentelles,

« comme on l'a prétendu (p. 183). Ces couches étaient origi-
« nairement horizontales, et n'ont été redressées que par une
« révolution de notre globe. Il est donc bien naturel que cha-
« cune d'elles ait conservé, dans toute sa hauteur, la nature
« identique qu'elle avait lors de sa formation.

« Au contraire, les montagnes divisées en tranches horizon-
« tales ne se sont élevées que par une accumulation de diffé-
« rentes couches composées de cristallisations ou de dépôts
« dont la nature variait à raison de la diversité des matières
« que contenaient les eaux où elles ont été formées. Il suit de
« cette théorie que les rochers du centre d'une masse, comme
« le Mont-Blanc, toute composée de couches verticales, ont dû
« être originairement enfouis dans la terre à une très-grande
« profondeur, » etc.

(P. 185.) « Enfin, de ce bel observatoire, je saisissais d'un
« coup d'œil, ou du moins sans changer de place, l'ensemble
« du grand phénomène que j'avais observé, pour ainsi dire,
« pièce à pièce, celui du relèvement des couches des montagnes
« du côté du Mont-Blanc. De quelque côté que mes yeux se
« tournassent, je voyais les chaînes secondaires, et même les
« chaînes primitives du second ordre, relever leurs couches
« contre le Mont-Blanc et les autres cimes de son voisinage.
« Telles étaient, au nord, les montagnes du Reposoir, celles de
« Passy, de Servoz, et le Buet; au midi, celles du Col de Ferret,
« du grand Saint-Bernard, puis celles de la chaîne du Cramont,
« dont la cime ne se voit pas de ce point, mais dont on aper-
« çoit le prolongement bordant l'Allée-Blanche, pour aller se
« joindre aux montagnes de la Tarentaise. »

Comme moyenne des mesures trigonométriques et barométriques, de Saussure assigna à la cime du Mont-Blanc une hauteur absolue de 2450 toises, et, après y être resté quatre heures pour les diverses expériences qu'il s'était proposé de faire, il redescendit, campa encore une nuit sur la neige, et rentra à Chamouni le quatrième jour, sans accident sérieux, mais non sans avoir éprouvé de grandes fatigues.

Cependant comme le manque de temps et l'effet de l'air ra-

réfié ne lui avait pas permis de faire toutes les observations de physique qu'il avait eues d'abord en vue, il chercha l'année suivante un point plus favorable quoique moins élevé, et choisit le col du Géant, par lequel on descend à Cormayeur, et dont l'altitude est de 1763 toises. Il y resta dix-sept jours, pendant lesquels les observations furent continuées sans interruption. Partout les roches se sont trouvées être des granites en masses, des granites veinés, des gneiss ou des roches micacées quartzeuses. Toutes les couches sont verticales ou très-inclinées, et dirigées N.-E., S.-O., ou E.-N.-E. à O.-S.-O.

(P. 235.) « La structure du Mont-Blanc, dit de Saussure, « ne se manifeste nulle part aussi distinctement que du côté « qui regarde le col du Géant. On voit, jusque sous sa cime, les « coupes des tranches verticales de granite dont cette masse « énorme est composée, et, comme ces tranches se montrent là « de profil et coupées par des plans qui leur sont perpendiculaires, leur régularité, qui ne se dément nulle part, dans le « nombre immense que l'œil en saisit à la fois, ne permet pas « de douter que ce ne soient de véritables couches. On voit ces « couches se répéter jusqu'au pied méridional du Mont-Blanc, « qui repose sur l'Allée-Blanche; mais, comme je l'ai observé « ailleurs, ces couches deviennent graduellement moins inclinées à mesure qu'elles s'éloignent de l'axe de la montagne. « On peut les comparer à des planches appuyées contre un « mur, auxquelles on donne plus de pied à mesure qu'elles en « sont plus éloignées. On ne voit donc rien de ce côté de la « chaîne qui réponde aux couches renversées qui flanquent son « côté septentrional. »

Voyage de Genève au lac Majeur.

Dans un voyage qu'il fit en 1783, de Saussure constata d'abord que les montagnes des cantons de Fribourg et de Berne, qui séparent le lac de Genève de celui de Thune, dans le Genessay et le Simmenthal, étaient toutes secondaires, calcaires pour la plupart, et que les couches, souvent verticales, couraient du N.-N.-E. au S.-S.-O., ou du N.-E. au S.-E., direction générale des Hautes-Alpes, qui leur correspon-

dent (1). De Spitz à Guttanen, Brienz, Meyringen et Grindelwald, la disposition générale des couches secondaires les montre se relevant vers les chaînes cristallines. De Guttanen au Grimsel, la plupart des granites sont stratifiés, sans affecter de direction constante, quoique persistant sur de grandes étendues, et coupant transversalement les vallées.

Après avoir examiné les grands glaciers de Lauter-Aar, de l'Ober-Aar et du Rhône, le savant voyageur redescend par la vallée de Formazza à Duomo-d'Ossola et aux îles Borromées. Presque partout il observe des granites veinés qu'il regarde comme horizontaux, décrit les calcaires cristallins de Mergazzo, qui furent employés pour la cathédrale de Milan, et les roches cristallines de l'Isola Bella. Il remonte ensuite de Formazza à Locarno, par la Furca del Bosco, se dirige vers Airolo, au pied du Saint-Gothard (2), et par la vallée Lévantine, indiquant partout minutieusement les caractères physiques du pays, son aspect général, et les roches de granites, veinées, micacées, quartzeuses et calcaires, tantôt verticales, tantôt horizontales.

Le Saint-Gothard.

Le Saint-Gothard, par lui-même (p. 28), ne constitue pas géographiquement une sommité ni un point bien déterminé, et les environs du passage et de l'Hospice montrent des granites, des schistes micacés et des granites veinés en couches. En résumé, dit l'auteur (p. 61), du lac Majeur jusqu'au delà d'Airolo, les roches sont tantôt horizontales et tantôt verticales; celles du Saint-Gothard proprement dit plongent vers l'axe de la chaîne; plus haut, le long de la crête, elles sont verticales, et, en redescendant vers Urseren, au nord, elles plongent encore vers l'axe comme au sud. Depuis la vallée d'Urseren jusqu'au pied de la chaîne septentrionale, elles sont généralement verticales. Les alternances fréquentes dans cette région et les passages graduels des granites veinés aux granites en masses, joints à l'identité de l'inclinaison et de l'allure des deux roches, ne permettent pas à de Saussure de douter

(1) *Voyage dans les Alpes*, vol. III, p. 439 et suiv.
(2) *Ibid.*, vol. IV, p. 1.

de leur origine commune, qu'elles ne soient également stratifiées, et qu'il n'y ait des granites veinés aussi anciens que des granites massifs, quoique en général il soit vrai de dire que les gneiss sont plus modernes que les granites.

Après une note fort étendue sur les minéraux du Saint-Gothard, dont il donne une liste, sans doute la plus complète que l'on ait encore publiée de cette riche localité, il continue à redescendre par Altorf et Lucerne. Les poudingues du Rigi devaient appeler surtout son attention; car nous avons déjà vu qu'il attribuait à la connaissance des cailloux roulés des grandes vallées beaucoup d'importance, les regardant comme les témoignages irrécusables des révolutions de la terre. Ceux du Rigi, arrondis ou anguleux, reliés par un ciment calcaire, sont tous d'origine secondaire, et auraient été apportés par la vallée de Muttenthal (p. 108). On voit que de Saussure ne se rendait pas encore compte ni de l'âge de ces poudingues, ni de l'époque relative de la formation de la vallée par où il fait arriver ses éléments. Ainsi, en parlant des cailloux roulés des deux Emmes, il est plus préoccupé de leur origine que de leur chronologie relativement aux poudingues précédents.

Les cailloux, continue-t-il, varient suivant les vallées; chacune d'elles a ses cailloux prédominants ou caractéristiques indiquant d'où provenait le torrent qui les a apportés. Ainsi les jades caractérisent le bassin du Léman; le quartz grenu, la vallée du Rhône, depuis le Jura jusqu'à son embouchure; les variolites à pâte d'ophibase, la vallée de la Durance; les schistes amphiboliques, celle de l'Isère; les variolites du Drac, la vallée que parcourt ce torrent; et d'autres variolites particulières avec une sorte d'argilolite, les vallées des deux Emmes (p. 135). De l'examen plus particulier de ces derniers, il déduit que la grande débâcle n'a charrié dans le bassin du lac de Genève aucun caillou provenant de la région située au nord du Jorat, puisqu'on n'y observe aucune de ces roches si fréquentes au nord de Berne. L'origine des cailloux du bassin du lac de Genève doit donc être cherchée dans les Alpes du Valais d'une part et dans celles de la Savoie de l'autre.

Voyage au Mont-Rose.

« Depuis longtemps le Mont-Rose était l'objet de ma curio-« sité, dit plus loin de Saussure (1). Cette haute montagne do-« mine la lisière méridionale de la chaîne des Alpes comme le « Mont-Blanc domine la lisière septentrionale de cette même « chaîne. On voit le Mont-Rose de toutes les plaines du Pié-« mont et de la Lombardie; de Turin, de Milan, même de beau-« coup plus loin que Milan. » Se dirigeant alors par le Valais, il en décrit les roches jusqu'à Brig, passe le Simplon, où il signale les schistes mélangés de quartz et de feldspath et les gneiss du col. En redescendant au sud, ce sont encore des schistes micacés, des gneiss, etc., qu'il rencontre, avec une assise de calcaire blanc subordonnée, à un quart de lieue du village. (p. 334). Puis il gagne la vallée de la Toccia, Duomo-d'Ossola, en se dirigeant ensuite par la vallée d'Anzasca, jusqu'à Macugnaga, le village le plus élevé de la base du Mont-Rose, dont les cimes le dominent au nord, à l'ouest et au sud. Les roches de cette base sont des granites veinés ou feuilletés, composés de quartz, de feldspath et de mica, renfermant des pyrites aurifères qui donnent lieu à une exploitation régulière. Tout le massif est d'ailleurs formé, jusqu'au sommet, de granite veiné et de diverses roches schisteuses ou feuilletées, et sa cime la plus élevée atteint, d'après les évaluations de de Saussure, 2430 toises, ou 20 toises de moins que celle du Mont-Blanc.

La réunion des diverses sommités qui constituent le Mont-Rose forme un cirque entourant le village de Macugnaga, et s'ouvrant à l'est dans la vallée d'Anzasca, disposition comparée à celle d'une raquette dont les montagnes qui bordent cette vallée représenteraient le manche. Le diamètre du cirque, pris au milieu de l'épaisseur de ses murs, est d'environ 5000 toises ou deux lieues.

(P. 351.) « Mais ce n'est pas seulement la singularité de « cette forme qui rend cette montagne remarquable; c'est peut-« être plus encore sa structure. J'ai constaté que le Mont-Blanc « et tous les hauts sommets de sa chaîne sont composés

(2) *Voyage dans les Alpes*, vol. IV, p. 319.

« de couches verticales ; au Mont-Rose, jusqu'aux cimes les « plus élevées, tout est horizontal ou incliné au plus de « 30°... (P. 353.) Cette forme circulaire, avec un vide au milieu, « donne l'idée d'un cratère de volcan, et pourrait faire imagi- « ner que telle a été l'origine du Mont-Rose, ou que du moins « il a été produit par une explosion souterraine; mais, outre « qu'on n'y trouve aucune trace de ce phénomène ni de l'action « du feu, les roches ne sont point, comme dans les volcans, re- « levées contre l'intérieur du cratère... » Celles de la partie méridionale de la couronne, comme celles du pic Blanc, se relèvent au S. ou en dehors; celles de l'ouest, où sont les plus hautes cimes, se relèvent aussi au S.; celles du nord à l'E. et celles de l'est se relèvent également vers l'E. « Si donc ces « couches ne sont pas actuellement dans leur situation origi- « naire, celles qu'elles présentent aujourd'hui indiqueraient « des changements partiels et irréguliers plutôt qu'une cause « unique et relative à un centre commun. On ne peut y remar- « quer qu'un fait général, c'est que les pentes sont toutes beau- « coup plus rapides à l'intérieur qu'en dehors du cirque, sur- « tout au nord et à l'ouest, où sont les plus hautes cimes. »

Le granite veiné de ces montagnes renferme d'ailleurs des assises de granite en masse qui en sont contemporaines.

En poursuivant ses recherches autour du massif (p. 272), de Saussure jugea, du sommet du Roth-Horn, que le diamètre total était plus considérable qu'il ne l'avait pensé d'abord, vu de l'intérieur, et qu'il était en réalité de plus de 9000 toises. « On « voit de là, dit-il, que le Mont-Rose n'est pas une montagne « isolée, mais une masse centrale à laquelle viennent aboutir « sept ou huit grandes chaînes de montagnes qui s'élèvent à « mesure qu'elles s'approchent de ce centre, et qui finissent « par se confondre avec lui, en devenant des parties ou des « fleurons de sa couronne. »

Le Mont-Cervin.

Enfin, en 1792, un septième voyage fut consacré par de Saussure à l'étude du Mont-Cervin, sorte d'obélisque triangulaire, composé de trois masses distinctes ou de trois grandes couches parallèles entre elles, montant au N.-E. Ce sont des

serpentines, des gneiss, des roches micacées et quartzeuses.

Coup d'œil général.

En jetant à la fin de ses longues et savantes recherches un coup d'œil général sur les Alpes comprises entre le Tyrol et la Méditerranée, notre illustre guide nous prouve qu'il n'avait saisi aucune loi bien prononcée dans leurs caractères soit orographiques, soit géologiques, car *j'ai reconnu, dit-il* (p. 464), *qu'on pourrait presque assurer qu'il n'y a dans les Alpes rien de constant que leur variété.* « Cependant on observera qu'en « général les plans des couches suivent la direction des vallées « longitudinales et des dos prolongés des montagnes, et que « ces mêmes vallées, de même que les chaînes des montagnes, « sont généralement dirigées de l'E. à l'O., ou du N.-E. « au S.-O. On remarquera aussi que les couches des mon- « tagnes les plus modernes sont en général inclinées et ap- « puyées contre la masse des plus anciennes, excepté dans « celles qui sont renversées ou dont les plans sont inclinés en « sens contraire des pentes des montagnes.

« On observera enfin qu'en général les pentes sont plus ra- « pides et les vallées plus profondes du côté du midi. Cepen- « dant le Mont-Cervin a ses escarpements tournés au N.-E., « de même que le Breit-Horn, et les pentes extérieures du « Mont-Rose sont plus douces du côté du sud que du côté du « nord.

« Mais un fait que l'on observe sans aucune exception, ce « sont les amas de débris sous la forme de blocs, de brèches, « de poudingues, de grès, de sables, ou amoncelés, et formant « des montagnes ou des collines, ou bien dispersés sur le bord « extérieur, ou même dans les plaines qui bordent la chaîne des « Alpes, et qui attestent ainsi la subite et violente retraite des « eaux. Nous voyons donc dans les Alpes la preuve certaine de « la catastrophe ou de la dernière scène du grand drame des « révolutions du globe. Mais nous ne voyons que des indices « fugitifs et problématiques des actes précédents, excepté les « preuves de critallisations tranquilles dans les temps plus an- « ciens qui ont précédé la création des animaux, et de dépôts « ou de sédiments dans ceux qui ont suivi cette époque, et

« quelques preuves de mouvements violents, comme la for-« mation des brèches, des poudingues, le brisement des co-« quilles et le redressement des couches. »

Réflexions sur l'œuvre de de Saussure.

Pour justifier ce que nous avons dit en commençant, nous avons tenu à reproduire l'expression même des principaux résultats que de Saussure avait obtenus de ses longues études. L'idée de la succession normale des phénomènes, déduite de la série chronologique des faits constatés, est à peine indiquée dans ses quatre volumes de descriptions et d'expériences de diverses sortes. Nulle part l'application un peu en grand de la discordance ou de la concordance des couches n'apparaît nettement; les poudingues de Valorsine, les poudingues du Rigi et ceux qui résultent des phénomènes plus récents sont à peine distingués quant à leur âge relatif; il en est de même des calcaires, des schistes ardoises, des grès, etc. Hormis les détails pétrographiques et orographiques, tout reste indéterminé comme si, à l'époque où il écrivait, ce que nous appelons aujourd'hui la *stratigraphie* n'avait encore été compris nulle part. Mais nous avons déjà dit qu'elle avait été mise en pratique en Italie, et nous verrons que d'autres parties de l'Europe étaient tout aussi avancées à cet égard.

Quant à la considération des fossiles, quels qu'ils soient, leur présence ne sert encore qu'à classer, sous la désignation vague de *roches secondaires*, celles où l'on en rencontre. L'expression de *couches tertiaires* se trouve, il est vrai, quelquefois, mais on n'aperçoit point ce qui les caractérise et les différencie des secondaires. Nous remarquerons néanmoins que, dans l'*Agenda ou Tableau général des observations et des recherches dont les résultats doivent servir de base à la théorie de la terre*, fruit précieux de la longue expérience de l'auteur, il recommande de « constater s'il y a des coquillages fossiles qui se trouvent dans « les montagnes les plus anciennes, et non dans celles d'une « formation plus récente, et classer ainsi, s'il est possible, les « âges relatifs et les époques de l'apparition des différentes es-« pèces; comparer exactement les ossements, les coquillages et « les plantes fossiles avec leurs analogues vivants, » etc. (p. 505).

Mais nulle part nous ne trouvons ni l'application de ces préceptes, ni que de Saussure ait cherché à vérifier ces indications qui peut-être lui auront été suggérées tardivement par la lecture de quelques livres tels que ceux de Buffon.

Parmi d'autres préceptes, d'ailleurs excellents, qu'on trouvera dans cette espèce de *mémorandum*, nous ne pouvons mieux faire, pour terminer notre appréciation des travaux géologiques du grand naturaliste génevois, que de citer encore celui par lequel il termine son œuvre, et que personne n'a plus scrupuleusement observé que lui (p. 539) : « Mais ce qui est plus rare encore, « dit-il, et peut-être plus nécessaire que le zèle qu'il faut pour sur- « monter ces obstacles, c'est un esprit exempt de prévention, « passionné de la vérité seule, plutôt que du désir d'élever ou de « renverser des systèmes, capable de descendre dans les détails « indispensables pour l'exactitude et la certitude des observa- « tions, et de s'élever aux grandes vues et aux conceptions gé- « nérales. Cependant il ne faut point que ces difficultés décou- « ragent; il n'est aucun voyageur qui ne puisse faire quelque « bonne observation et apporter au moins une pierre digne d'en- « trer dans la construction de ce grand édifice. »

Travaux de J. André de Luc.

Compatriote et contemporain de de Saussure, Jean-André de Luc parcourut d'autres pays, écrivit beaucoup, mais presque toujours sous une forme peu scientifique, prétendant à de grandes vues théoriques et dominé par des idées, soit préconçues, soit étrangères à son sujet, qui ont dû singulièrement nuire à la valeur de ses travaux. Il lui a manqué, comme à la plupart des géologues du XVIIIe siècle, précisément ce qu'il fallait pour arriver à des déductions positives, à la fois théoriques et pratiques sur la structure et la composition du sol, savoir l'examen continu et détaillé d'une surface donnée, suivi dans des directions convenablement choisies, et la construction ou la représentation graphique du résultat de ces études. Ainsi, jamais nous ne voyons les observations de de Luc, non plus que celles de de Saussure et de la plupart de leurs contemporains, projetées sur un plan vertical ou horizontal, même de quelques lieues d'étendue, pour montrer les relations des roches et leurs affleu-

rements à la surface. Ce sont toujours des études sans suite, superficielles, énoncées dans des descriptions vagues, interminables, et où le désir d'expliquer tout avec des données incomplètes laisse le lecteur incertain ou aussi ignorant après qu'avant. Mieux valait peut-être encore les iconographes qui les ont précédés, et qui du moins, par la représentation des corps organisés fossiles et l'indication exacte du lieu d'où ils provenaient, laissaient dans l'esprit quelque chose de positif, et apportaient des matériaux utiles pour l'avenir. Mais motivons notre opinion sur le savant physicien et naturaliste génevois.

Lors de la première publication de ses *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme*, adressées à la reine de la Grande-Bretagne (1), ouvrage dont le titre seul suffirait pour montrer l'incohérence des idées qu'il renferme, il semble que le mot *géologie* n'était pas encore employé pour exprimer la *connaissance de la terre*, car de Luc lui préfère celui de *cosmologie*, en faisant remarquer toutefois qu'il ne le prend point dans sa véritable acception de *connaissance de l'univers*.

1res Lettres physiques et morales. — 1778.

« L'histoire de la terre, dit-il plus loin (p. xx), est l'objet général que je traite, et, dans quelque vue qu'on l'étudie, on « ne saurait en séparer l'*histoire de l'homme*, sans risquer de « tomber dans l'erreur. C'est du moins ce qui m'a paru dans « toutes mes recherches. J'ai trouvé entre ces deux histoires « des rapports qui m'ont frappé et très-souvent dirigé. »

Avec de telles prémisses, il était, on le conçoit, difficile que les conséquences ne fussent pas plus ou moins entachées d'erreurs. L'homme est complétement dépendant de la nature physique qui l'entoure, mais celle-ci est dans la plus parfaite indépendance d'un être organisé de plus ou de moins à la surface de la terre. De Luc, à cet égard, était encore dans les langes du moyen âge, et ses idées étaient moins avancées que celles des

(1) 1 vol. in-8. La Haye, 1778. (C'est le commencement de ses lettres qui a d'abord paru séparément sous le titre de 1re partie et s'arrêtant à la lettre XIV.)

prêtres de Memphis. On ne peut donc s'étonner que, malgré ses travaux variés, ses voyages, ses raisonnements et ses méditations, la nature ne lui ait révélé aucun de ses mystères.

En proposant ces vues, dit-il encore (p. XXIV), il n'a point pour but de critiquer les auteurs qui en ont eu d'autres avant lui, « car je suis convaincu, ajoute-t-il, que rien ne nuit plus « au progrès que cette dernière voie... Dans la société, les « disputeurs ont souvent l'*homme* en vue plutôt que la *chose*, « et le public ne connaît presque la chose que par les dispu- « teurs, » ce qui a été parfaitement vrai dans tous les temps. Néanmoins, on verra plus loin que peu fidèle à son précepte, l'auteur critique avec beaucoup d'amertume ceux qui ne pensent pas comme lui.

Imbu des idées de son époque, dont nous avons déjà fait ressortir les inconvénients, « c'est, dit-il aussi (p. 127), dans « les montagnes que l'on doit principalement étudier l'his- « toire du monde. Outre que les plaines sont plus altérées « par les travaux de l'homme, leur peu d'élévation au-des- « sus du niveau de la mer ne suppose pas des machines aussi « puissantes pour les fabriquer et les mettre à sec que ces *ma- « sures* énormes (1) entassées les unes sur les autres. C'est « donc là qu'on doit aller s'instruire des faits, c'est-à-dire de ce « qu'il faut expliquer lorsqu'on entreprend de rendre raison de « l'état où se trouve aujourd'hui la surface de la terre, » etc.

2es Lettres physiques et morales. — 1779.

Cette publication, interrompue, fut reprise, l'année suivante, avec le titre un peu moins hétérogène de *Lettres physiques et morales sur l'histoire de la terre et de l'homme* (2). La première partie (t. I) renferme des discours sur divers sujets sans rapports avec le nôtre; la seconde, un examen des systèmes de cosmologie, où l'on attribue au déluge universel l'état actuel de la surface de la terre; ce sont les idées de Burnet, de Whiston,

(1) Cette expression de *masures*, comme synonyme de ruine ou de destruction, revient partout dans ses écrits.

(2) Paris, la Haye, 5 vol. in-8, dont le 5e en deux parties, 1779. Ces lettres sont aussi adressées à la reine de la Grande-Bretagne.

de Woodward, de Leibnitz, de Scheuchzer, de Pluche et d'Engel. La troisième partie comprend les systèmes où l'on attribue cet état actuel de la surface de la terre à des opérations lentes des eaux; la quatrième (t. II), le système qui assigne aux fleuves ce même état; la cinquième, celui qui regarde les continents comme le résultat des changements lents survenus dans le niveau des mers; enfin la sixième, qui traite de l'influence des feux souterrains. Ces études sont toutes fort incomplètes dans leur sujet même, et sont plutôt pour l'auteur des thèmes à digressions, plus ou moins étendues, qu'un examen critique, sérieux et comparé de toutes les hypothèses. Les tomes III, IV et V sont consacrés à des relations de voyages dans les Pays-Bas, la Westphalie, le Hanovre, le Harz, les bords du Rhin, etc., relations dans lesquelles les caractères physiques du pays sont décrits avec détails, accompagnés de dissertations sur tous les sujets, mais où le géologue pourrait à peine trouver à glaner çà et là quelques faits isolés, et où le paléontologiste ne rencontrerait absolument rien.

La seconde partie du tome V, qui est la onzième de l'ouvrage, comprend le *Système cosmologique* de l'auteur, déduit de tout ce qui précède. « Notre esprit, dit-il (p. 450), ne « se promène dans la nature que parmi les *probables;* c'est « l'une des plus grandes vérités que nous tenions de l'expé- « rience... Ce que nous cherchons en cosmologie, c'est com- « ment notre globe a des montagnes » (p. 452). Ainsi, rien que les *montagnes*, voilà toujours ce qui préoccupe de Luc. Il distingue, d'après leur origine, les *montagnes volcaniques* et les *montagnes aquatiques* ou secondaires; quant aux montagnes nommées *primordiales*, comme il n'a aucune donnée expérimentale ni d'observation directe sur leur origine ou leur mode de formation, il les nomme *montagnes inexplicables*, et ne s'en occupe plus. Il connaît, à la vérité, leurs matériaux constituants; mais cela ne lui suffit pas pour remonter sûrement à leur cause première. « Si, d'un autre côté, continue-t-il « (p. 454), j'examine les rapports qu'ont entre elles ces diffé- « rentes classes de montagnes, par leurs positions respectives,

« je trouve des preuves évidentes que les *montagnes inexplica-
« bles* sont antérieures à celles qui doivent leur existence au
« *feu* et à l'*eau*. Je borne donc mes recherches sur le passé
« aux *effets connus* de ces *causes connues;* tout ce qui est plus
« ancien est lettre close pour moi. »

Cela posé, sous forme d'axiomes, de demandes et de réponses, il s'efforce de reconstruire un édifice abstrait, idéal, qui a bien quelques rapports avec celui que les géologues d'alors admettaient comme résultat général des faits acquis, mais aux différentes parties duquel on ne peut assigner ici aucun nom spécial, parce que l'auteur ne cite aucun nom particulier de lieu ni de chose à l'appui de chaque axiome formulé ou de chaque réponse qu'il adresse. Après une multitude de considérations et de raisonnements de la même nature, il est amené à ce qu'il regarde comme son argument fondamental, et s'exprime ainsi (p. 485) :

« Les *continents* qui existaient au temps de l'ancienne mer
« n'étaient pas une masse solide; c'étaient des *voûtes* qui recou-
« vraient d'*immenses cavernes*. Celles-ci étaient à plusieurs
« étages, comme les offices sous des palais. Malgré leur vaste
« étendue et leur profondeur, leurs colonnes étaient peu nom-
« breuses; tout y étant primordial, la continuité et la solidité
« des matières suppléaient au petit nombre des appuis. C'est
« ainsi que ces anciens continents étaient soutenus au-dessus
« du niveau de la mer, et son eau n'avait originairement aucun
« accès dans leurs cavernes. Les accidents particuliers qui arri-
« vèrent au fond de cette ancienne mer, par les feux souter-
« rains, ouvrirent des chemins à ces eaux dans l'intérieur de la
« terre, etc. Elles y produisirent les mêmes effets que sous le
« fond de la mer; il s'y fit de grandes fermentations; les voûtes
« furent ébranlées, et leur rang supérieur s'abattit sur celui
« qui les supportait. Alors les continents disparurent (1)... A la

(1) C'est à une cause de cet ordre, mais plus ancienne, que de Luc attribuait la dispersion des blocs erratiques. « L'eau introduite dans les galeries sou-
« terraines, où se trouvaient du feu et des matières prêtes à fermenter, occa-

« fin de cette première partie de la révolution, la mer couvrit « tout le globe, excepté les îles de l'ancien fond... Cependant « le poids de l'eau, ajouté à celui de la masse des premières « voûtes, surchargea celles de dessous et les enfonça. Ce nou- « veau poids, ajouté au précédent, enfonça un troisième rang « de voûtes, et, par une succession assez prompte d'effets pa- « reils, le nouveau lit de la mer s'approfondit de plus en plus, « de sorte qu'enfin toutes ses eaux s'y retirèrent, laissant à sec « nos continents. »

Ces citations, relatives à ce que de Luc appelle l'*histoire ancienne de notre globe*, nous dispense de le suivre dans ce qu'il appelle son *histoire moderne*. Ces rêveries n'avaient pas même alors le mérite de la nouveauté, et comment pouvait-il dire, après cela, que, dans sa *Cosmologie*, il se bornait aux *effets connus des causes connues?* Nous ne nous occuperons pas davantage de sa critique des idées de Buffon, que nous aurons occasion d'étudier nous-même, à un autre point de vue, et à plus forte raison nous abstiendrons-nous de rappeler ses considérations sur la *Genèse*, le récit de Moïse, le déluge biblique et la révélation du législateur des Juifs, sujets complétement étrangers à la science telle que nous devons la traiter.

Lettres à Blumenbach. — 1798.

Peut-être pourrions-nous nous borner à cet exposé sommaire d'un ouvrage qui a eu un certain retentissement; mais il serait peu juste de ne pas chercher si, dans ses travaux ultérieurs, l'expérience et la réflexion ne sont pas venues modifier les idées de de Luc, comme nous avons vu qu'avaient été modifiées celles de de Saussure. Les *Lettres sur l'histoire physique de la terre*,

« sionnait la génération subite d'une prodigieuse quantité de fluides élastiques « de diverses sortes... S'il se faisait quelque explosion par ce concours de « causes, les pièces détachées, trouvant moins de résistance dans l'eau, étaient « lancées au loin, comme on en voit lancer aux volcans actuels. Mais la cause « était alors incomparablement plus puissante; et c'est vraisemblablement à de « pareilles explosions que sont dus ces débris de pierres primordiales que nous « trouvons jusque sur les montagnes à couches calcaires, quelquefois en masses « de plusieurs toises cubes, et toujours aussi isolées que si elles venaient d'y « être placées aujourd'hui. » (P. 481.)

adressées à Blumenbach (1), publiées vingt ans plus tard, vont nous éclairer à cet égard.

La première lettre renferme des généralités exactes sur la disposition des couches, leur origine et les phénomènes qu'elles ont éprouvés depuis. L'auteur rappelle ensuite qu'il s'est attaché à démontrer le peu d'ancienneté des continents, ce qui, dit-il, renverse d'un seul coup tous les systèmes de géologie où l'on employait, pour expliquer leur formation, les causes lentes agissant pendant une suite innombrable de siècles. Il cite, à l'appui de cette manière de voir, les ossements d'Eléphants et de Rhinocéros fossiles qui auraient été déposés dans la mer, et ce n'est que depuis la retraite de cette dernière que les continents ont été émergés. Ici de Luc confond évidemment les dépôts tertiaires marins avec les dépôts diluviens beaucoup plus récents. Il remarque que les lacs des montagnes ne sont point remplis par les détritus apportés des vallées supérieures, et que les vallées des pays de montagnes ne sont point dues à l'action des eaux torrentielles ou pluviales. Les blocs erratiques n'ont pas été transportés par des rivières; mais il ne reproduit pas l'hypothèse que nous avons rapportée ci-dessus.

En résumé, pour de Luc, toute la masse des continents serait composée de couches de différentes substances, dont les principales espèces ont à peu près partout le même ordre de superposition; mais nulle part, dans son travail, cet ordre n'est indiqué d'une manière régulière ou systématique, et aucun exemple ni aucune localité ne sont cités à l'appui; ce sont toujours, comme dans les ouvrages précédents, des abstractions aussi vagues dans les termes que dans l'application.

Après les premières sortes de roches qui sont les plus anciennes et ne renferment point de corps organisés, on en observe d'autres qui en contiennent, et dont les espèces changent suivant les différentes couches. La constance de ces espèces dans les couches contemporaines n'étant point déduite de cette

(1) In-8. Paris, 1798. — Il y a une édition anglaise et une allemande antérieures à celle-ci.

observation, on peut la regarder encore comme étant sans valeur. Parmi ces corps organisés, continue-t-il, on trouve des restes d'animaux et de végétaux terrestres; mais, jusque dans les dépôts meubles de la surface, le plus grand nombre est d'origine marine; ainsi de Luc ne distinguait pas les sédiments d'origine exclusivement d'eau douce, depuis longtemps mentionnés au delà des Alpes, et ne connaissait même pas les observations de Lamanon sur les gypses d'Aix et de Paris.

Quoiqu'il soit certain, poursuit-il, que les couches ont été formées dans la mer, ce qui suppose une accumulation continue, et dans une situation peu éloignée de l'horizontale, elles sont actuellement rompues, renversées, affaissées par grandes masses, de sorte que toute la surface de nos continents ne présente que des *masures*. Les causes violentes qui ont ainsi bouleversé nos couches ont précédé quelque grande révolution par laquelle nos continents ont été mis à sec et livrés ainsi à l'action des causes actuellement connues. Enfin, ce grand événement n'a pas précédé de bien des siècles nos temps historiques marqués par les monuments de l'homme.

On voit, par cet exposé de principes, que de Luc n'admettait qu'une seule grande révolution ayant plissé et disloqué les couches, puis celle qui a mis les continents à sec. Il était donc moins avancé qu'on ne l'était alors en Italie, et l'on ne comprend pas qu'ayant séjourné longtemps en Angleterre et beaucoup voyagé en Allemagne, il ait si peu profité des travaux stratigraphiques et paléontologiques qu'on y avait déjà exécutés. Cette remarque peut s'appliquer d'ailleurs aux autres livres de l'auteur, qui semble n'avoir fait aucune étude des savants qui l'ont précédé dans tant de pays et sur tant de sujets.

Passant à l'explication et à l'interprétation des faits tels qu'il les conçoit (p. 45) : « Le Traité de géologie, dit-il, dont j'ai « entrepris de donner l'extrait dans ces lettres, tend à établir « la certitude de la révélation mosaïque. » Puis, attaquant les géologues dont les systèmes sont contraires à cette révélation : « Toutes ces théories de la terre qu'on lui a opposées « renferment, continue-t-il, une proposition commune, qui,

« dans toutes aussi, est l'argument fondamental, c'est que nos « continents sont d'une très-grande antiquité. Cette idée n'est « point venue des faits, mais comme une hypothèse nécessaire « à d'autres hypothèses. » Nous n'avons point besoin, on le comprend, de discuter de pareilles assertions, que nous ne citons que pour montrer combien peu le temps avait rectifié les premières opinions de l'auteur.

Il distingue seulement parmi les corps organisés fossiles ceux qui sont *anciens* de ceux qui sont *modernes* ou ensevelis dans les couches superficielles, semblables aux animaux actuels, et tout prouve, suivant lui, que la mer a abandonné les terres dans une seule révolution, depuis laquelle elle n'a plus changé sensiblement de niveau. « Cette circonstance est si évidente, « ajoute-t-il, que M. de Dolomieu s'étonne qu'on ne l'ait pas re« connue plutôt, puisqu'on peut la lire partout sur nos conti« nents. » Mais ce qui nous semble beaucoup plus évident encore, c'est que de Luc n'avait fait qu'une étude très-superficielle des pays qu'il avait parcourus. Comme la plupart de ses contemporains qui avaient le plus voyagé, il n'avait aucune base d'observation, aucun principe pour se guider, aucune méthode pour classer et coordonner les faits. Il ne voit presque partout que ce que nous appelons aujourd'hui les dépôts de transport diluviens, lesquels ne sont nullement d'origine marine, comme il le croit, et le reste, c'est-à-dire le domaine de la géologie presque entier, est relégué par lui dans un vaste inconnu.

En outre, les quelques idées justes qu'on rencontre se trouvent encore faussées dans ses conclusions par cette introduction malheureuse d'éléments théologiques complétement étrangers à la science, de sorte que, de toute cette argumentation si compliquée et de ce luxe de raisonnements accumulés sur chaque sujet, on voit à regret qu'il ne reste absolument rien d'utile à retenir.

(Page 58.) « Il faut étudier, continue-t-il, les couches pier« reuses placées sous ces couches meubles, celles dont nous ve« nons de parler, et c'est d'après cette considération et l'en« semble des faits que nous nous trouvons d'accord, entre « autres MM. de la Métherie, de Saussure, de Dolomieu, Pini et

« moi, sur cette conclusion fondamentale, que toutes les sub-« stances qui forment aujourd'hui la masse connue de nos con-« tinents ont dû, à quelque époque reculée, faire partie d'un « liquide qui couvrait tout le globe, et dont elles se sont suc-« cessivement séparées par voie chimique. *C'est là une époque « fixe dans le temps passé;* elle doit nécessairement avoir été « déterminée par quelque nouvelle cause, et suivie de la « chaîne des événements qui a produit enfin l'état présent de « la terre. »

Cherchant ensuite à remonter vers cette première époque qui lui paraît si bien fixée, il part de la présence des animaux marins renfermés dans les différentes couches, animaux qui vivaient dans les lieux où ils se trouvent encore, et qui diffèrent dans chacune d'elles. Mais, ici comme précédemment, ce sont des phrases générales sans aucune indication de lieux, de roches, de genre, ni d'espèce d'êtres organisés, par conséquent sans application directe possible. Aujourd'hui, ajoute-t-il, il ne se passe rien de semblable dans la mer, parce qu'il ne s'y fait pas de précipité chimique comme autrefois, et « elle ne pro-« duit absolument rien qui ait le moindre rapport avec ces « couches pierreuses » (p. 61).

Il admet que les dépôts ont été d'abord horizontaux, puis bouleversés, redressés, plissés, etc.; mais il admet également la stratification du granite. Il expose la succession du redressement des couches en rapport avec le plus ou moins d'éloignement des roches cristallines ou granites primitifs; arrangements faits d'après les données de Pallas, de Patrin, de Dolomieu, de Ramond, et plus particulièrement de de Saussure.

(P. 76-77.) Reproduisant alors ce qu'il avait déjà présenté sous diverses formes, relativement à l'origine des couches, à leur mode de formation, à l'apparition des êtres organisés, aux dislocations, et surtout aux enfoncements des roches qui n'ont laissé que quelques éminences, savoir, les montagnes là où elles se rompaient, il arrive au moment où les continents prirent naissance comme *terre sèche*, à la suite de la dernière de ces convulsions. « C'est donc là, dit-il (p. 78), une

« suite non interrompue d'opérations qui ont commencé par « le granite.

« La première des opérations, le dépôt de cette roche, a « dû avoir lieu lorsque les éléments étaient à l'état liquide, « toute cristallisation étant impossible sans cela; la terre à l'é- « tat liquide prit sa forme déprimée aux pôles, les couches mi- « nérales commencèrent à se former sur un *noyau solide* quel- « conque. Le liquide était aqueux et contenait tous les élé- « ments des autres substances connues, et sa température était « celle nécessaire à leurs combinaisons chimiques.

Se livrant alors à de longues digressions sur la lumière et la chaleur, sur leur action réunie ou séparée, sur leurs analogies et leurs différences, de Luc arrive à conclure (p. 92) que « rien « de ce que nous observons sur notre globe n'a pu commencer « de s'opérer sans la réunion d'une certaine quantité de lu- « mière à tous les autres éléments dont il fut d'abord composé, « éléments qui, sans elle, auraient été sans actions chimiques « les uns sur les autres, et qu'ainsi l'origine de tous les phé- « nomènes géologiques connus date de l'époque de cette réu- « nion. » C'est donc à la présence de la lumière qu'est attribué le premier phénomène de la composition des roches. Déjà l'auteur avait suivi ce qu'il appelle une *marche analytique*, dans des lettres adressées à de la Métherie; « mais, ajoute-t-il, en diri- « geant ma marche d'une manière plus formelle, plus dé- « taillée par rapport au but de ces lettres, celui de montrer « l'accord de la nature et de la foi à l'égard de la première ré- « vélation. » Ces lettres sont indiquées ci-après.

(P. 96.) Les *jours* de la *Genèse* sont des *périodes*, comme nous avons vu que Needham l'avait dit depuis longtemps, cemme nous verrons que Buffon l'écrivait aussi vingt ans auparavant, et d'autres plus anciennement encore, et cela ne peut s'entendre autrement, ajoute de Luc, puisque le soleil, qui est la cause de nos jours actuels, par suite du mouvement de rotation de la terre, ne paraît dans le récit biblique que le quatrième des *jours* en question.

La série des opérations physiques qui, suivant l'auteur, ont

eu lieu à la surface du globe, depuis l'existence de la lumière (non pas de celle du soleil bien entendu) jusqu'à la naissance de l'homme sur les premiers continents, est divisée par lui en 6 périodes, dont l'énumération est précédée encore de raisonnements spéculatifs et abstraits, d'insinuations banales et de mauvais goût contre ceux qu'il désigne par l'épithète d'*athées*, etc. Mais nous épargnerons au lecteur toutes ces petitesses d'un homme d'esprit, quoique d'un esprit rarement juste. Nous lui épargnerons également l'examen de ces 6 périodes, dont la première a été déterminée par l'addition de la lumière, la seconde par des phénomènes chimiques et physiques, par l'*intervention de l'Être suprême, qui a ordonné le premier arrangement* (p. 125). Dans la troisième, la végétation qui a formé la houille s'est produite sans le concours de l'action solaire, puisque l'astre qui nous éclaire aujourd'hui ne fut créé que le quatrième jour, etc. Le tout est terminé par des commentaires sur les onze premiers chapitres de la *Genèse*.

Ces lettres de de Luc à Blumenbach ne sont donc pas de la science sérieuse, mais un mélange incohérent de toutes sortes de données incomplètes, empruntées aux sciences physiques et d'observation, avec addition d'idées théologiques ou mystiques; c'est une association hybride dont on ne retire aucune instruction, aucune pensée nette, aucune application utile. Nous nous serions même abstenu de cet examen, si le nom d'André de Luc n'avait eu une certaine renommée aux yeux des personnes du monde, pour lesquelles il semble avoir écrit plutôt que pour les savants, et si par suite cette opinion ne s'était transmise jusqu'à nous, avec tous ses bénéfices, et sans plus ample informé.

Traité élémentaire de géologie. — 1810.

Enfin, pour asseoir définitivement et sans prévention notre jugement sur le correspondant si fécond de la reine d'Angleterre, de Blumenbach, de la Métherie et de tant d'autres célébrités contemporaines auxquelles ses lettres s'adressaient, cherchons si, dans un ouvrage plus récent, dont le titre essentiellement scientifique promettait un exposé plus

méthodique, de Luc a modifié ses idées et la manière de les rendre.

Le premier paragraphe du discours préliminaire placé en tête de son *Traité élémentaire de géologie* (1) promettait beaucoup à cet égard, car rien n'est plus clair et mieux pensé; mais bientôt la théologie reparaît, et notre rôle de critique finit, car l'auteur ne fait que reproduire sous une forme plus condensée ce qu'il a dit dans ses lettres précédentes.

Ayant eu connaissance de la théorie de Hutton et de l'explication qu'en a donnée Playfair, il la commente à son point de vue; il invoque tour à tour de Saussure et de la Métherie, les combat, et revient à sa propre idée sur l'existence des cavernes, « dont l'origine, dit-il (p. 50), devant tenir à la consti- « tution primitive du globe, elles deviennent un guide pour la « déterminer. »

La suite du livre comprend encore, sous la forme de *lettres*, adressées à Hutton, forme dont il semble que l'auteur ne puisse se détacher, de véritables paraphrases de celles de 1778, 1790, 1791 et 1798, auxquelles les noms fréquemment reproduits de Hutton, de Playfair et de de Saussure donnent seulement une apparence de nouveauté. Les déductions (p. 360 et 365) ne sont rien autre que ce qu'on a déjà vu, de sorte que, dans cet ouvrage, qui semble être la dernière expression des idées de de Luc, rien ne vient justifier ce que son titre annonçait.

Mémoires divers.

De Luc a publié, en outre, toujours sous forme de lettres, une multitude de mémoires insérés pour la plupart dans le *Journal de physique*. Ainsi, dans sa 2e lettre (2), s'appuyant sur les dénominations de Pallas, il croit retrouver dans les montagnes du Jura le premier ordre de montagnes calcaires de l'Oural, rapprochement complétement faux comme ceux qu'il fait avec les données de Burtin pour la Belgique. La 12e lettre sur les couches de craie et celles de houille, puis sur leurs

(1) In-8. Paris, 1810.
(2) *Journal de physique*, vol. XXXVIII, p. 90, 1791.

catastrophes (1), n'est pas plus heureuse. Ailleurs, après avoir traité du Salève (2), il est ramené, dit-il, au système de l'affaissement des continents anciens lors du déluge, système déjà exposé dans les lettres précédentes où il a combattu l'hypothèse des soulèvements. Aussi n'admet-il, comme ayant été élevées, que les montagnes volcaniques, et encore n'ont-elles pas été soulevées, mais ont-elles acquis leur relief par suite de l'accumulation successive des matières rejetées par le volcan. Pour lui, le Mont-Nuovo et les îles de Santorin ne sont que des accumulations dues à cette dernière cause.

« C'est donc aux affaissements qu'il faut toujours revenir « pour se rendre raison des montagnes sous leur rapport d'é- « minences élevées à la surface du globe, c'est-à-dire que les « parties qui faisaient suite aux couches qui les composent se « sont affaissées les unes brusquement, et ont laissé debout ces « faces abruptes; les autres, en bascule, ont donné aux cou- « ches cette inclinaison rapide. » Il est évident que l'auteur, de même que tous ceux qui avant et depuis lui se sont rattachés à cette hypothèse comme phénomène général, n'a jamais considéré que les montagnes *monoclinales*, ou dont les couches n'offrent qu'une inclinaison, et non les montagnes *anticlinales*, ou dont les mêmes couches s'abaissent en sens inverse de chaque côté de l'axe. De Luc se prononce d'ailleurs ici contre la supposition que les couches très-inclinées ou verticales aient pu se former ainsi par voie de cristallisation.

Dans la 15e lettre, il traite de considérations météorologiques auxquelles donnent lieu la formation et la naissance des continents (3); dans la 16e (4), il essaye de réfuter la critique en partie très-judicieuse qu'avait faite le père Pini de ses hypothèses les plus hasardées, et qui fut suivie d'objections éga-

(1) *Journal de physique*, vol. XXXVIII, p. 174.
(2) *Ibid.*, vol. LV, p. 397, 1802. — *Anté* ibid., n° de germinal et vendémaire, an IX (1801).
(3) *Ibid.*, vol. XXXVIII, p. 378, 1791.
(4) *Ibid.*, vol. XXXIX, p. 215, 1791.

lement fondées présentées par de la Métherie (1). Dans la 18[e], où il essaye de décrire les environs de Weymouth, on peut voir combien de Luc, si prompt à bâtir de fragiles édifices avec les matériaux des autres, était peu habile à en recueillir lui-même. Les 19[e], 20[e], 21[e], 22[e] et 23[e] (2) roulent encore sur divers sujets déjà traités par lui. La 24[e] traite de la nature des silex et de l'origine des substances des roches coquillières, la 25[e] est une réponse au père Pini, la 26[e] traite de l'origine des sables superficiels et de celle des continents, la 27[e] des effets produits par le changement du lit de la mer, et la 28[e] est encore relative au peu d'ancienneté des continents (3), assertions auxquelles de la Métherie (4) n'a pas laissé que de faire des objections très-judicieuses.

Dans son *Mémoire sur la Lenticulaire de la Perte du Rhône, sur la Lenticulaire numismale et sur la Bélemnite* (5), de Luc considère les Nummulites comme des corps analogues à l'os de la Seiche, mais ses observations sur la structure intérieure de ces corps sont parmi les meilleures que l'on ait encore faites jusqu'alors. Dans un second mémoire (6) il a fait connaître des Numismales provenant des montagnes de Lahour, dans la province de Silhet, au nord du Bengale, et après les avoir comparées avec certaines espèces du Véronais et des environs de Bayonne et reconnu leur identité : « C'est un fait intéressant, « dit-il, en géologie, qu'un même fossile se trouve à d'aussi « grandes distances et sous des latitudes si différentes. » Avant lui on n'avait guère considéré les Nummulites géologiquement ou par rapport aux couches qui les renferment. Cette observation, dont l'exactitude a été confirmée depuis, a donc posé le premier jalon dans cette voie non encore parcourue et qui a

(1) *Journal de physique*, vol. XXXIX, p. 286 et 425.
(2) *Ibid.*, vol. XL, p. 180, 292, 352, 450, 1792.
(3) *Ibid.*, vol. XLI, p. 32, 123, 228, 414.
(4) *Ibid.*, p. 437.
(5) *Ibid.*, vol. XLVIII, p. 309, 1798.
(6) *Ibid.*, vol. LIV, p. 173, pl. I, fig. 1 à 12, 1802.

tant contribué à donner à ces corps une importance qu'on ne leur soupçonnait pas. De Luc a critiqué aussi avec raison le nom de *Discolithe*, que nous avons vu proposé par Fortis, mais c'est à tort qu'il blâme ce dernier d'avoir admis que les tours de la spire et les cloisons se reproduisent en relief à la surface de certaines espèces (1).

Dans sa description du mont Voiron, près de Genève (2), de Luc mentionne, sous le nom de *Buffonite*, un des corps problématiques désignés aujourd'hui sous le nom d'*Aptychus;* il attribue, comme de Saussure, les cailloux et les blocs erratiques de cette montagne aux courants de la mer, courants qui sont ceux du déluge biblique, qu'on ne peut abandonner, dit-il, sans tomber dans de graves erreurs. « Il est peu de systèmes de ce « genre, ajoute-t-il (p. 425), où les erreurs soient plus multi- « pliées que dans celui de M. de Buffon, et cependant c'est ce- « lui qui, dans son temps, obtint le plus de crédit, et qui nuit « le plus à la confiance qu'on doit au récit de Moïse dans son « histoire du déluge. »

Sans doute le génie de Buffon est trop au-dessus des attaques de de Luc pour avoir besoin d'être défendu; mais nous ne pouvons nous empêcher de protester en passant contre cette partialité, ce dénigrement si voisin de l'envie que le naturaliste physicien de Genève manifeste à l'égard du savant français toutes les fois qu'il en trouve l'occasion. Si toutes les idées théoriques de Buffon ne sont pas irréprochables, comme nous le verrons, leur simplicité et leur grandeur imposante ne font que mieux ressortir le caractère compliqué, tourmenté, des fantastiques élucubrations que de Luc cherche toujours à mettre à l'abri sous l'égide protectrice de la Bible. Le passage suivant, extrait de la 14e lettre sur les os fossiles et sur les dernières opérations des anciennes mers, suffira pour donner une idée du goût de sa critique. « On a bien peint, dit-il, M. de Buffon en le

(1) *Journal de physique*, vol. XLVIII, p. 225, 1798.

(2) *Ibid.* vol. L, p. 420, 1800. — Mém. lu à la Société des naturalistes génevois le 21 avril 1796.

« nommant le Pline français, car il ne réfléchissait pas plus que « cet ancien naturaliste; il ne connaissait presque aucun fait « géologique par lui-même; son imagination l'entraînait; il « s'accrochait à tout ce qui pouvait le flatter, et il pensait, « comme beaucoup d'autres, qu'en ne répondant pas aux ob- « jections il les faisait oublier (1), » etc. Une pareille phrase et celle qui la suit, que nous nous abstenons de rapporter, suffisent pour la condamnation de celui qui les a écrites.

Parallèle de de Saussure et de de Luc.

Si, pour nous résumer, nous comparons actuellement Bénédict de Saussure et J. André de Luc, ces deux *citoyens* de Genève, comme ils se qualifiaient, placés tous deux dans une condition sociale élevée et s'étant occupés des mêmes sciences, nous remarquerons entre eux les différences les plus prononcées.

Le premier sort rarement du champ de l'expérience et de l'observation attentive des faits, concentrant ses recherches dans un espace bien limité et glorieusement parcouru. Esprit judicieux, sobre jusqu'à la timidité de déductions théoriques ou d'hypothèses, il préfère rester en deçà de ce qu'il sait que de courir le risque de s'égarer au delà; quand il parle des opinions qu'il ne partage pas, il s'exprime toujours avec une convenance parfaite. Son livre restera comme un modèle d'exactitude et un tableau toujours vrai, simple et animé, de cette nature dont il représente les scènes imposantes et variées.

Le second, sous l'empire d'idées préconçues ou de relations nécessaires entre des sujets d'ordres très-différents, a parcouru des pays assez divers. Esprit aventureux, se montrant, dans ses relations épistolaires, critique partial et sans élévation, croyant ne marcher qu'avec l'expérience et s'en écartant cependant sans cesse pour tomber dans le domaine des spéculations imaginaires, mêlant, sans s'en apercevoir, le vrai et le faux, ce qui est démontré avec ce qui ne l'est pas, et associant les résultats scientifiques avec les croyances, les récits et les dogmes reli-

(1) *Journal de physique*, vol. XXXVIII, p. 276, 1791.

gieux, il a pu se faire une popularité momentanée, mais que le temps ne doit pas sanctionner.

Ni de Saussure, ni de Luc n'ont construit d'édifice ; mais l'un a rassemblé et laissé après lui de nombreux matériaux, bien préparés, qui ont pu être utilisés; l'autre n'a laissé, le plus ordinairement, que des opinions hasardées, sans fondement et sans application possible.

Enfin, ces résultats si différents, obtenus par ces deux enfants distingués de la docte cité de Genève, se traduisent encore par la forme même que chacun d'eux a donnée à ses ouvrages (1).

§ 2. Bavière, Wurtemberg et Cobourg.

La Bavière septentrionale, le Wurtemberg et le duché de Cobourg, qui correspondent à la Souabe et à la Franconie de la géographie ancienne, ont fourni à la paléontologie, pendant le cours du XVIIIe siècle, un contingent d'iconographes plus considérable encore que la Suisse, et la seule ville de Nuremberg a vu publier dans ses murs plus de planches de pétrifications qu'aucune des grandes cités de l'Europe.

(1) Quelques autres publications ont encore été données sur l'histoire naturelle générale de la Suisse. Nous en avons déjà indiqué, *Histoire des progrès de la géologie*, vol. VII, p. 86, 100, 131, etc., et nous ajouterons les suivantes : Capeller, *Histoire du Mont-Pilate* (*Pilati montis historia*), Bâsle, 1767. — J. H. Andræa, *Briefe aus der Schwyz*, in-4°, 1776. — J. Schneider, *Beschreib. der Berge des Entlebuchs*, Lucerne, 1784. — S. Gruner, *Naturgesch. Helvetiens in der alten Welt*. Berne, 1773. On doit aussi à L. de Buch la relation d'un voyage de Glaris à Chiavenna, fait en 1803 (*Magaz. der Berliner Naturforsch.* vol. III, p. 115), et des observations sur les dislocations et les redressements des couches des Alpes (*Schr. nat. Freunde*, 1809); à W. Buckland, un mémoire sur la structure des Alpes et leurs relations avec les roches d'Angleterre (*Annals of philosophy*, juin, 1821); au Père Chrysologue de Gy.... une orographie générale du Jura et de ses rapports avec les Alpes et les Vosges. (Plan d'une carte phys. et minér., etc. *Journal de phys.*, vol. XXX, p. 271, 1787.) L'auteur y critique les opinions de de Saussure et de de Luc sur les blocs erratiques sans leur en substituer une meilleure.

J. Bauhin, J. Jacob et Ferd. Bajer ou Bayer.

Après la description des coquilles recueillies aux environs des bains de Boll en Wurtemberg, par J. Bauhin (1); après E. Camerarius (*Dissertationes*, etc., in-8°. Tubingen, 1712), qui croyait que les fossiles étaient le résultat de forces germinatives répandues dans les roches par la nature, nous voyons, en 1712, J. Jacob Bajer publier son *Oryctographia Norica*, ou description succincte des objets fossiles du territoire de Nuremberg, avec les dessins des pierres figurées. L'auteur y traite méthodiquement, et dans des chapitres séparés, comme nous le ferions aujourd'hui, des divers sujets qui se rapportent à la géologie du pays, et plus particulièrement des fossiles, ayant soin d'en séparer les corps qui n'ont que l'apparence de formes organiques et ne sont, comme on dit, que des *ludi* ou des *jeux de la nature*.

Il décrit successivement les corps qui résultent du moulage intérieur et les autres de l'empreinte extérieure des vrais produits organiques, puis les restes de végétaux aussi bien que les coquilles bivalves et univalves. Les Bélemnites sont mentionnées particulièrement, ainsi que les Ammonites ou cornes d'Ammon, qu'il rapproche des Nautiles. Il reproduit le dessin d'une médaille antique qui représente une tête de Jupiter portant des cornes de bélier, et celui d'une tête de Moïse accompagnée des mêmes attributs, qui seraient l'origine du nom assigné à ces coquilles. Quelques commentateurs ont fait remonter cette désignation à Solinus, abréviateur de Pline, mais nous avons déjà dit que le texte du *Polyhistor* (2) n'ajoutait absolument rien à celui du grand naturaliste romain, que nous avons rapporté. Nous avons donc toute raison pour croire, jusqu'à ce que des documents plus circonstanciés aient été produits, que les anciens ne connaissaient pas les véritables Ammonites.

Les 6 planches triples de fossiles représentent ces corps, d'une manière très-reconnaissable aujourd'hui pour appartenir tous au lias et aux autres groupes jurassiques du pays. Ce

(1) *De Lapidibus metallicisque miro naturæ*, etc., 1600. C'est le frère de Gaspard Bauhin, tous deux botanistes.

(2) *Antè*, p. 11.

travail est certainement l'œuvre d'un homme instruit et d'un bon esprit.

Le supplément qui fut publié 22 ans après, sous le titre de *Sciagraphia musei sui, accedunt supplementa Oryctographiæ Noricæ* (1730), contient trois nouvelles planches de fossiles du même terrain, le catalogue de sa bibliothèque et de ses collections de minéraux, de roches et de fossiles, une lettre de Scheuchzer sur divers sujets, particulièrement sur les cornes d'Ammon, et la réponse de Bajer, qui se montre toujours un de ces hommes qui cultivent la science uniquement pour elle et dans une aussi bonne direction que le permettaient les connaissances du temps.

Son fils, Ferd. J. Bajer (1), a donné une édition in-folio des deux ouvrages précédents, avec d'autres planches où les mêmes figures sont reproduites, et y a ajouté un nouveau supplément avec 15 planches, représentant d'abord des dendrites, puis des Fungies, des Alcyons de la Bavière, des poissons d'Eichstadt et de Pappenheim dans la pierre blanche fissile de cette localité, qu'il suppose avoir été l'emplacement d'un ancien lac laissé par le déluge. Ensuite viennent des annélides, des stellérides, des crustacés, des Huîtres, des Bélemnites, des Nautiles, des Ammonites et des coquilles univalves et bivalves.

En résumé, cet ouvrage de Bajer, quand même on n'aurait rien publié depuis sur ce pays, nous donnerait une idée très-satisfaisante de sa faune jurassique, depuis le lias jusqu'au Portland-stone. Quoique les couches y soient très-régulières, bien suivies, et faciles à distinguer les unes des autres par leurs caractères pétrographiques constants, la pensée qu'il pouvait exister un rapport entre leur position relative et leurs fossiles particuliers n'est pas venue aux naturalistes dont nous venons de parler.

David Spleiss (2) décrivit, au commencement du siècle, les nombreux ossements fossiles découverts aux environs de Can- Auteurs divers.

(1) *Monumentum rerum petrificatarum*, in-f°. Nuremberg, 1757.

(2) *Œdipus osteologicus seu dissert. de cornibus et ossibus fossilibus Canstadiensibus*, in-4. Schaffhausen, 1701. — Bourguet. *Traité des pétrifications*, p. 142.

stadt. J. Sam. Carl (1) prouva leur origine organique par leur composition chimique. F. Gmelin (2), J. S. Schroter (3), Joh. Purruker et Graefenhahn (4), Bauder (5) et plusieurs autres ajoutèrent encore aux recherches des Bajer, et Nuremberg vit paraître, de 1755 à 1778, le plus grand ouvrage qui ait encore été publié sur le sujet qui nous occupe, celui de G. Wolfgang Knorr, intitulé *Lapides diluvii universalis testes* (6). Il en dessina et grava les planches, mais le texte, qui en constitue certainement le plus grand mérite, est dû à J. Ern. Em. Walch.

G. W. Knorr et E. Em. Walch.

Ces planches, par leur arrangement peu méthodique dès l'origine, ont obligé ce dernier à ne pas suivre non plus un ordre absolu dans leur description, d'où sont résultées beaucoup de répétitions dans les détails et une certaine confusion dans l'ensemble. Essayons néanmoins de donner une idée de ce travail, non-seulement le plus considérable qui ait paru dans le siècle, mais qui, à plusieurs égards, surtout par l'immensité des recherches et la sagacité des aperçus qu'il

(1) *Lapis lydius philos. pyrot. ad ossium fossilium docim. analyt. demonstr. adhibitus*, in-8. Francfort-sur-le-Mein, 1704.

(2) *Beiträge zu der Württemb. Naturgesch. der Achten thierisch. Versteinerungen.*

(3) *Ueber einige Verstein. aus der Herrsch. Heydenheim im Würtembergischen*, 1772.

(4) *De Oryctographia Burgravatius Norici superioris*, in-4. Bayreuth, 1764-65.

(5) *Description du marbre d'Aldtorf*, in-8. Iéna, 1772. Ces calcaires renferment des Ammonites et d'autres coquilles. — B. Ehrhart, *des Bélemnites de la Souabe*, in-4°. Augsbourg, 1797.

(6) *Sammlung von Merckwurdigkeiten der natur.*, etc., in-f°. 1755. — *Die Naturgeschichte der Versteinerungen z. Erlaüt. d. Knorrischen Sammlung v. Merk.*, etc. J. E. Em. Walch. Nürnberg, 1755-1773. — *Recueil des monuments des catastrophes que le globe terrestre a essuyées*, contenant des pétrifications dessinées, gravées et enluminées d'après les originaux, commencé par feu M. Georges-Volfgang Knorr et continué par ses héritiers, avec l'Histoire naturelle de ces corps, par M. J. Ern. Em. Walch. Traduit de l'allemand, 4 vol. in-f°. Nuremberg, 1768-1778. Les dates ne correspondent pas à l'ordre des volumes, le second ayant été publié en 1768 et le premier en 1777. C'est à cette traduction que se rapportent toutes nos indications. — Il y a eu aussi une édition faite en Belgique, 1773.

renferme, n'a encore été dépassé par aucun de ceux qui l'ont suivi.

Les 275 planches sont inégalement réparties dans les quatre volumes, fort inégaux eux-mêmes. La première, qui sert de frontispice, est une vue des carrières de Solenhofen, localité déjà célèbre par la richesse de la faune qu'elle renferme et que les découvertes ultérieures ne cessent d'augmenter en la rendant l'un des exemples les plus curieux que la géologie ait fait connaître d'une association variée d'êtres organisés accumulés sur un même point (1). Les planches suivantes, toutes dessinées avec un grand soin, fort exactes et coloriées, représentent d'abord une grande variété de dendrites, particulièrement celles des *marbres* dits *de Florence*, puis des fossiles de toutes les classes d'invertébrés, des poissons et des plantes tertiaires et carbonifères. Il en est à peu près de même des autres volumes, où l'on n'observe aucun ordre zoologique, géologique ni géographique dans l'arrangement général des matériaux; néanmoins ceux qui appartiennent évidemment à la même classe, à la même famille ou au même genre se trouvant rapprochés, facilitent les recherches dans chaque volume et la comparaison des volumes entre eux.

Le texte du premier volume traite d'abord d'une multitude de détails fort instructifs sur les divers caractères des pétrifications, détails qui annoncent une observation aussi attentive que judicieuse, puis les modifications de diverses sortes qu'elles ont éprouvées et leurs causes probables. Ainsi la silicification des piliers en bois du pont de Trajan sur le Danube, la cause de la cassure toujours spathique des parties solides des radiaires, appellent successivement l'attention de l'auteur, qui distingue les corps marins fossiles en pélagiques et littoraux, et pense, avec beaucoup de ses contemporains, que ceux dont on n'a pas retrouvé les analogues doivent exister dans les mers

(1) Voyez, pour la faune et la flore fossiles de cette localité, telles qu'elles étaient connues en 1853, un siècle après, *Hist. des progrès de la géologie*, vol. VII, p. 452, 1857.

profondes inexplorées. Ses considérations générales sur l'ancienneté relative et la distribution des fossiles dans les diverses couches sont fort justes pour le temps. L'étude des changements survenus dans la nature minéralogique des corps organisés enfouis dans les roches sédimentaires, celle des empreintes, des contre-empreintes et des moules qu'ils y ont laissés, celle de tous les phénomènes si variés de la fossilisation, sont faites avec un soin et une exactitude que nous chercherions en vain dans les ouvrages de nos jours.

Nous en dirons autant de toutes les recherches bibliographiques et de l'exposé des faits et des idées, relatifs au sujet qui nous occupe, et, pour ne point allonger démesurément ces quelques indications, nous nous bornerons à rappeler que le résumé de la partie dogmatique de la science et de son état en général jusqu'en 1777, les aperçus sur son avenir et les parties sur lesquelles doivent porter les investigations futures, sont ici parfaitement tracés. Le passage suivant, qui termine ces considérations, dénote chez l'auteur une véritable intelligence de la science telle que nous la comprenons aujourd'hui : « Nous « manquons encore, dit Walch, d'une bonne géographie sou- « terraine qui puisse nous instruire des anciennes catastrophes « de notre globe, par la direction des couches des pétrifica- « tions, par leur étendue, par la différence des pétrifications « qui se trouvent dans chaque lit, par la conjonction ou la « divarication des couches suivies, par leur hauteur, profondeur « et épaisseur. On n'a pas encore assez appliqué les pétrifi- « tions à la lithogénésie, ni mis à profit, comme il aurait « fallu dans cette science, ces restes remarquables de l'ancien « monde (1). »

Dans chaque volume, Walch, en traitant d'une division zoologique (genre, famille ou classe), en reprend l'historique avec la plus vaste érudition, avec une simplicité, une bonne foi et une absence complète de tout sentiment personnel qui font singulièrement estimer l'auteur. C'est ainsi qu'on peut encore

(1) *Loc. cit.*, vol. I, p. 99.

consulter aujourd'hui très-utilement la classification des crustacés (vol. I, p. 125), partagés en *brachyuri* et *macrouri* et la sous-division de ceux-ci en 11 genres avec l'indication des nombreux ouvrages qui avaient déjà traité des crustacés fossiles; l'histoire de la classification des échinodermes (vol. II, p. 132), celle des grands mammifères (vol. III, p. 146), celle des poissons (ibid., p. 165), et des diverses sortes de dents ou *Glossopètres* qui en proviennent (vol. II, 2e part., p. 185). Le chapitre des Bélemnites (vol. II, p. 211) et celui des Trilobites (vol. IV, p. 104), où Walch, après avoir fait l'historique de ces corps, les désigne sous ce nom en disant (p. 106) : « Nous « lui donnerons la dénomination la moins étudiée en la nom- « mant une *Trilobite*. Les trois lobes du dos et de la queue sont « des caractères par lesquels ce corps se distingue de tous les « autres, et, comme ces caractères sont visibles, nous les jugeons « convenables, etc. » La description qui suit est très-complète et incomparablement supérieure à tout ce qui avait été dit jusque-là sur ce sujet.

Aussi regrette-t-on d'autant plus vivement que ces excellentes choses se trouvent si souvent noyées dans des redites, des digressions inutiles, et la confusion qui résulte du manque de méthode dans l'arrangement de ces innombrables matériaux. Au reste, Walch avait parfaitement compris ce défaut capital dans son œuvre, ainsi qu'on le voit au commencement de la préface; mais l'obligation de se conformer à la disposition des planches arrangées par Knorr, au fur et à mesure que les éléments lui en étaient remis, ne lui permit pas de suivre un ordre systématique absolu dans l'ensemble.

Les tables, qui terminent l'ouvrage et forment le tome IV, peuvent, jusqu'à un certain point, obvier à cet inconvénient. La première est une *Table systématique de la classification de tous les corps décrits et figurés*, rangés dans un ordre naturel de classe (zoophytolithes, vers, stellites, oursins, coquilles, insectes (entomolithes), crustacés (Gammarolithes et Trilobites), poissons, oiseaux, quadrupèdes, anthropolithes et végétaux). La seconde, dressée par Sam. Schroeter, est une table

alphabétique de tous les objets décrits ou mentionnés, laquelle permet toujours, un nom quelconque étant donné, de le trouver immédiatement dans chaque volume.

Ainsi, non-seulement les planches de l'immense travail de Walch et Knorr nous représentent presque tout ce qui était connu alors sur les fossiles ou les pétrifications, mais encore le texte renferme tous les documents bibliographiques ou historiques qui s'y rapportent; il reproduit, avec un luxe prodigieux de citations précises et rigoureusement exactes, tous les faits, toutes les idées, les opinions, les théories émises depuis l'antiquité jusqu'en 1778. C'est donc un véritable monument, expression complète et fidèle de la science du temps, monument dont nous recommanderons l'étude approfondie à quiconque s'occupe sérieusement de la paléontologie générale et qui y trouvera des enseignements de plus d'une sorte.

Quelques autres naturalistes venus plus tard ont encore apporté des documents pour la paléontologie de cette partie de l'Allemagne méridionale, mais ces documents sont peu importants en comparaison de ceux que nous avons cités. Tels sont Flurl (1), Rösner (2), Memminger (3), Schmidel ou Schmiedel (4), etc.

J.C. Reinecke, Albrecht, etc.

Plus au nord, J. Seb. Albrecht a signalé les pétrifications des deux règnes observées dans le duché de Cobourg (5), et J. C. M. Reinecke (6), dans son travail sur les Nautiles et les Argonautes, vulgairement appelés cornes d'Ammon, a fait connaître la distribution de ces fossiles dans les diverses couches

(1) *Beschreibung der Gebirge von Baiern*, etc. — *Description des montagnes de la Bavière et du Palatinat supérieur*, in-8. Munich, 1792.

(2) *Nachricht von einem Berge in Niederbaiern*, etc., in-8. Munich, 1785.

(3) *Canstadt und seine Umgebungen*, Canstad et ses environs, 1812.

(4) *Vorstellung einiger Merkwürdigen Versteinerungen*, etc., représentation de quelques pétrifications remarquables, avec planches. Erlangen, 1793.

(5) *Ducatus Coburgensis agri cum vicinis corporum petrefactorum ex utroque regno, copia et varietate nullis secundis in Germania.* (*Acta natur.*, vol. IX, p. 401.)

(6) *Maris protogæi Nautilos et Argonautas vulgo Cornua Ammonis in agro Coburgico et vicino reperiundos*, etc., in-8, 15 pl. Cobourg, 1818.

de ce pays. Quant à la classification que propose l'auteur, on voit qu'il n'avait pas toujours de bons échantillons pour constater l'existence et la position du siphon, qui ne manque jamais. Après s'être attaché à démontrer les affinités de ces coquilles avec le Nautile et la Spirule, Reinecke se demande si les cornes d'Ammon existent encore dans les profondeurs de l'Océan, et recherche la cause de leur distribution présumée. Il passe ensuite à une description méthodique de quarante espèces, toutes fort bien représentées dans quinze planches, les meilleures peut-être que l'on ait encore données de ces coquilles.

Les divers ouvrages publiés sur les fossiles de la Bavière, du Wurtemberg et du duché de Cobourg nous font donc connaître particulièrement les faunes jurassiques et du muschelkalk qui y sont bien développées, mais sans qu'aucune distinction de ces diverses associations de fossiles, en rapport avec l'âge des couches qui les renferment, semble avoir été soupçonnée par les auteurs qui les ont décrites.

§ 3. Bohême, Autriche et Hongrie.

Dans la Bohême, séparée de la Franconie par la chaîne ancienne du Böhmerwald, les publications relatives aux corps organisés fossiles et à la géologie ont été plus tardives que dans les pays voisins. Vers 1770, Franz Zeno (1) indique dans deux mémoires la véritable origine des fossiles recueillis aux environs de Prague. Ceux qu'il mentionne provenaient du terrain de transition et un petit nombre de la craie. Les caractè- Bohême.

(1) *Von Seeversteinerungen und Fossilien*, etc. (*Neue Physical. Belustigungen*, etc., I *Abtheil.*, p. 65; II *id.*, p. 362. Prague, 1770.) — Voy. aussi *Abhandl. von Versteinerungen welche bey Prag gefunden werden*. In-8 avec planches, Prague, 1769. — Nous empruntons ces détails, relatifs aux naturalistes de la Bohême, à l'*Introduction historique* que M. J. Barrande a mise en tête du premier volume de son magnifique et excellent ouvrage sur le *Système silurien du centre de la Bohême*. Nous ne pouvions puiser nos documents à une meilleure source.

res zoologiques des trilobites ont été complétement méconnus par l'auteur, qui ne fait aucune différence entre les fossiles secondaires et ceux de transition, et combat l'opinion émise par L. Moro, qui supposait la croûte de la terre brisée, puis soulevée par l'action du feu intérieur. Zeno croyait que le déluge avait occasionné la dispersion des coquilles rencontrées dans les diverses couches de la terre. Les coupes qu'il a données des carrières ouvertes le long de la Moldau ont été reconnues depuis pour être fort exactes, mais l'auteur n'en a déduit aucune idée théorique vraie sur la succession des couches de la contrée.

Peu après, de Born (1) mentionne un certain nombre de fragments de trilobites des environs de Prague, et, dans une lettre que lui adresse le comte Kinski (2), ce dernier signale les fossiles recueillis entre Zditz et Ginetz. Il reconnaît comme analogues aux trilobites de Dudley en Angleterre les nombreux restes d'animaux articulés des schistes argileux du pays, corps qui étaient alors désignés sous le nom d'*Entomolithus paradoxus* que leur avait imposé Linné, et que l'auteur pense avoir eu la faculté de s'enrouler et de se dérouler pendant leur vie. Pour de Born les schistes à crustacés font partie des formations primaires, et ces mêmes fossiles sont indiqués à la montagne de Wynice, auprès de Tmayn et sur d'autres points autour de Prague.

En 1791, J. C. Lindacker (3) décrit avec assez de précision la composition des terrains qui environnent cette dernière ville; il reconnaît leur origine sédimentaire, les alternances des diverses roches, la présence de pétrifications plus ou moins nombreuses, et signale celles des grès surtout comme les plus remarquables. Ce sont des fragments de trilobites provenant, entre autres localités, des bords de la Moldau, des environs de

(1) *Lithophilacion Bornianum*, 1772.

(2) *Abhandl. einer Privat-Gesellsch. in Böhmen*, vol. I, p. 243. Prague, 1775.

(3) *Mayer's Sammlung physik. Aufsätze*, etc., vol. I, p. 37. Dresde, 1791.

la grotte de Saint-Procope et de Wraz, sur la route de Prague à Béraun. Le fossile qu'il décrit sous le nom de *Gegitterte Kæfermuschel* se reconnaît aisément, dit M. Barrande, pour un *Trinucleus*, dont l'animal se trouvait tantôt étendu, tantôt roulé en boule.

Dans un travail sur le territoire de Mies, le même auteur (1) fait connaître les schistes gris avec des veines de quartz qui reposent sur le granite, et dans celui où il traite des couches de charbon du cercle de Pilsen, comprenant les mines de Nemitz, Chotieschau, Merklin, Tschimin, Oesel et Themnin (2), il donne une coupe du terrain de la dernière de ces localités. Ces dépôts charbonneux et les schistes avec empreintes de plantes reposent sur les schistes argileux anciens (*Tonschiefer*), dont les couches, au lieu d'être horizontales comme à Mies, sont ici verticales. Toute la contrée aurait été un lac au fond duquel la houille se serait déposée et aurait été recouverte ensuite par des sables et des argiles résultant de la décomposition des roches granitiques des montagnes environnantes. En explorant ensuite la chaîne du Böhmerwald, Lindacker, accompagné de Preysler et de Hoser (3), reconnut, le long de la route, à partir de Prague, que les grès anciens ou quartzites, les grès schisteux et des grès schisto-argileux avec leurs fossiles, servent de base aux couches plus récentes, caractérisées par des fossiles différents, tels que des Ammonites, couches que nous verrons plus tard désignées sous les noms locaux de *Quadersandstein* et de *Pælner-Kalk*.

L'année suivante, Fr.-Ambr. Reuss (4) dans son *Essai sur la minéralogie des environs de Prague*, constate la même succession de schistes argileux, de calcaire, de grès et de marne, mais il admet ensuite des passages de l'un à l'autre et des transformations très-contestables. Il signale des dents de pois-

(1) *Mineralgeschichte von Mies*. (*Neu. Abhandl. der k. böhm. Gesells. der Wissensch.*, vol. I, p. 129, 1791.)

(2) *Mayer's Sammlung physik. Aufsätze*, etc., vol. I, p. 9, 1791.

(3) *Ibid.*, vol. III, p. 135, 1793.

(4) *Ibid.*, vol. IV, p. 339, 1794.

sons, des baguettes d'échinides et des Gryphées qui ne sont pas suffisamment distinguées d'une multitude d'autres corps, dont le gisement n'est pas indiqué et qui, d'après les noms seuls de genres usités alors, ne peuvent être rapportés à une époque déterminée. Dans des roches calcaires différentes, il signale des fossiles sous les noms d'Échinites, d'Orthocératites, de Bélemnites, d'Entrochites, et fait remarquer que ce calcaire (*Steinkstein*) repose sur le grunstein (diorite). En résumé, dit M. Barrande, à l'ouvrage duquel nous continuons à emprunter ces données, le mémoire de M. Reuss est un des plus intéressants qui aient été faits à cette époque où la géologie et la paléontologie étaient encore si peu avancées en Bohême.

Dans sa description des seigneuries de Königshof et de Tocznik, le même observateur (1) s'occupe des montagnes de Kosow, composées de grunstein, de calcaires compactes, de calcaire argileux et de grès argileux plus ou moins ferrugineux ou micacé. Au mont Dlauha-Hora, les calcaires compactes sont remplis de bivalves, d'Orthocératites, etc. Dans la seigneurie de Tocznik particulièrement, Reuss mentionne, avec non moins d'attention, toutes les roches au point de vue minéralogique, mais sans tracer les limites verticales ni horizontales des couches, non plus que leur ordre de superposition normale, omissions bien pardonnables alors dans un pays comme la Bohême, lorsque dans d'autres, où les relations et les communications entre savants étaient plus fréquentes et plus faciles, des lithologistes très-célèbres n'étaient pas plus avancés.

Le petit bassin houiller de Zébrak a été aussi étudié par Reuss comme il l'avait été déjà par Lindacker. De son côté, F. Riepl, dans son coup d'œil sur le terrain houiller de la monarchie autrichienne (2), s'est occupé du bassin carbonifère de

(1) *Mayer's Samml. physik. Aufs.*, vol. V, p. 98, 1798.

(2) *Jahrb. der k. k. polytechn. Institute.* Vienne, 1re partie, 1820. — Voy. aussi Fr. Wilibald Schmidt pour l'énumération de quelques trilobites sous le nom d'*Entomolithus*. (*Sammlung physik. - ökonom. Aufsätze*, vol. I, p. 100, 1795.)

la Bohême. Ceux des cercles de Béraun, de Pilsen, de Rakonitz, sont placés à la surface du terrain de transition et semblent avoir été déposés dans des dépressions des schistes.

En 1822, Alex. Brongniart (1), à qui l'on doit le premier essai d'une classification des corps désignés et confondus jusque-là sous le nom d'*Entomolithus*, d'*Entomostracites*, etc., et qu'il réunit sous le nom beaucoup plus simple et plus expressif de *trilobites* introduit par Walch, n'en signale encore qu'une espèce en Bohême : c'est l'*Asaphus Hausmanni*. De Schlotheim (2), l'année suivante, en indique 4, et, en 1825, le comte Sternberg (3), dans un travail particulier sur les crustacés de ce pays, en signale un plus grand nombre, qui constituent réellement aujourd'hui 10 espèces.

Nous devons nous arrêter ici pour ne point dépasser les limites de la période historique que nous retraçons, mais nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que l'étude des trilobites de la Bohême offre un exemple frappant et bien digne d'être signalé par avance de ce que peuvent la sagacité et la persistance réunies pour arriver à des résultats inattendus, on pourrait presque dire merveilleux. Ainsi, de 1770 à 1825, dans un laps de 55 ans, tous les naturalistes étaient parvenus à réunir 10 espèces appartenant à cette famille, et en 20 ans, de 1832 à 1852, un seul observateur (4), doué de cette volonté ferme et de cette perspicacité de coup d'œil auxquelles rien ne supplée, a recueilli, décrit et fait figurer, avec un soin et une exactitude qui font de cette 1re partie de son ouvrage un véritable modèle, 35 genres de trilobites du système silurien de la Bohême, et comprenant 252 espèces. La plupart de celles-ci

(1) *Histoire naturelle des crustacés fossiles*, in-4, 4 pl. Paris, 1822.
(2) *Nachträge zur Petrefactenkunde*, 2e part. Gotha, 1823.
(3) *Uebersicht der in Böhmen dermalen bekannten Trilobiten.* (*Verhandl. des vaterl. Mus.*, p. 69-86. Prague, 1825.)
(4) J. Barrande, *Système silurien du centre de la Bohême*, vol. I, p. 283, in-4 avec atlas de 50 pl. Prague et Paris, 1852.

ont été étudiées aux divers âges de leur développement, et quelques-unes depuis l'état embryonnaire (1).

Hongrie. Si nous nous avançons vers l'Est, la Hongrie nous offrira quelques recherches de Fr. Em. Brückmann, qui, dans ses *Lettres de voyage*, imprimées en 1729, décrivit quelques *pierres figurées* de ce pays (2). Mais le rapport de J. E. de Fichtel sur la pétrification des principautés comprises dans les Siebenbürgen (3) est beaucoup plus explicite et plus détaillé. L'auteur y indique avec soin toutes les localités où il a recueilli des fossiles, particulièrement dans le bassin de la Maros, dans la vallée de Deva, etc. A Roksad il a trouvé de grandes Huîtres, figurées exactement, et qu'il est facile de reconnaître pour l'*O. crassissima*, Lam. Cette espèce, représentée déjà dans le grand ouvrage de Walch et Knorr, est, comme on sait, très-caractéristique de la période tertiaire moyenne dans l'ouest de l'Europe, comme en Asie Mineure, sur les flancs du Taurus et plus loin encore, sur les pentes inférieures de l'Ararat. Fichtel figure aussi une autre grande espèce d'Huître très-différente, donnée également par Walch et Knorr, et qui n'est pas moins

(1) A ces documents et à quelques autres donnés aussi par M. Barrande, mais qui ne se rapportent pas directement à notre sujet, nous ajouterons encore les suivants:

Ballenstedt, *Merkwürdige Ausgrabungen in Böhmen und Mähren im 17 Jahrhunderte*. Ses *Arch. der Urwelt*, B. V, p. 68.

Theobaldi, *Schlackenwaldensia arcana Naturæ*, in-4. Nuremberg, 1625.

B. Balbinus, *Miscellanea historia regni Bohemiæ*, in-f°. Prague, 1672-1681. — *Curiosa naturæ arcana inclyti regni Bohemiæ et appertin. provinciarum Moraviæ et Silesiæ*, in-f°. Prague, 1724.

Ferber, *Beiträge zur Mineralgeschichte von Böhmen*, in-8. Berlin, 1774.

I. B. Zauschner, *Museum naturæ Pragense*, in-4. Prague, 1786.

F. A. Reuss, *Mineralogische Geographie von Böhmen*, in-4 avec pl. Dresde, 1793-97.

Göthe, *Sammlung zur Kenntniss der Gebirge von v. um Karlsbad*, in-8. Karlsbad, 1807.

(2) *De quibusdam figuratis Hungariæ lapidibus*. (*Epist itin. cent.*, I, p. 109, 1729.)

(3) *Von den Versteinerungen in Siebenbürgen..... und Fossilien dieses Landes*, in-4 avec 6 pl. et 1 carte. Nuremberg, 1780.

importante par son extension géographique, caractérisant le groupe nummulitique depuis les Pyrénées occidentales, les Alpes, la Transylvanie, la Crimée et l'Asie Mineure, jusqu'en Arménie. Cet ouvrage de Jean-Ehrenfried de Fichtel peut encore aujourd'hui être utilement consulté, malgré les recherches et les publications dont ce pays a été l'objet dans ces derniers temps, et il en est de même de son *Traité des pétrifications de la Transylvanie* (1).

Dans leur mémoire sur les testacés microscopiques, Léop. de Fichtel et Jos. Cor. de Moll (2) ont décrit et fort bien représenté, sous les noms génériques de *Nautilus* et d'Argonautes, plusieurs espèces de Nummulites de la Hongrie (Carpathes) et de l'Autriche. Ils y ont réuni d'autres rhizopodes vivants et fossiles très-différents, à l'instar de plusieurs auteurs contemporains, qui ont eu le même tort. Néanmoins ce travail, accompagné de 24 planches, doit être regardé, avec ceux de Plancus et de Soldani, comme ayant particulièrement contribué à la connaissance de ces organismes inférieurs, destinés par la nature à jouer un si grand rôle dans la composition des roches sédimentaires.

Clusius a donné son *Nomenclator pannonicus*, où plusieurs fossiles sont signalés, entre autres les Numismales, sous le nom de *Numismali lapides Transylvaniæ*, auxquelles se rattachent des légendes historiques du roi Ladislas.

J. J. Ferber a publié des recherches sur les montagnes et les mines de la Hongrie, et David Frenzel un index des pierres précieuses, des fossiles et des pétrifications des environs de Chemnitz (3). C. F. Delius (4), d'après l'examen des Carpathes, qui étaient les plus hautes montagnes qu'il eût observées, croyait que toutes les grandes chaînes du globe et le noyau même de notre planète devaient être composés de roches calcaires.

(1) n-4. Nuremberg, 1780.

(2) *Testacea microscopica aliaque minuta ex generibus Argonautæ et Nautili*, etc. in-4, 24 pl. Vienne, 1803.

(3) In-8, 1769.

(4) *Traité sur l'exploitation des mines*, 2 vol. in-4.

Si nous suivions rigoureusement les dates, nous aurions encore à mentionner ici deux publications : l'une, constituant un ouvrage très-important, relatif à la Hongrie; c'est le *Voyage minéralogique et géologique* exécuté par Beudant en 1818 et publié en 1822 (1); l'autre, l'*Essai sur la constitution physique et géognostique du bassin de Vienne*, par C. Prévost (2); mais ces travaux, qui sont l'application à ces pays des principes les plus avancés alors de la science en France, et dus à des étrangers qui s'y trouvaient momentanément, ne représentent point l'état de cette même science en Hongrie et en Autriche; ce sont des importations étrangères à son histoire, et il y aurait un double inconvénient à nous en occuper ici, parce que nous ne connaissons encore rien de ces principes et qu'ils sont sans rapport avec la manière dont se faisaient les observations, sur les lieux mêmes, par les savants qui les habitaient. Pour nous, les travaux de Beudant et de Prévost doivent être regardés comme les premières bases de la géologie moderne, posées dans cette partie du bassin du Danube, et, par conséquent, ils seront compris dans l'exposition du Cours proprement dit.

Autriche. Les quelques publications relatives au règne minéral de l'Autriche, telles que celles de Stütz (3), de Sartori (4), de E. F. Germar (5), de M. S. Anker (6) et de Rasoumovski (7

(1) 4 vol. in-4 avec cartes et coupes. Paris, 1822.

(2) *Journ. de physique et de chimie*, vol. XCI, p. 347, juillet 1820.

(3) *Versuch über die miner. Geschichte von Oesterreich unter des Ens*, in-8. Vienne, 1785. — *Miner. Taschenb. enthält eine Oryctograph. von Unterösterreich*, etc. *herausgegeben von I. G. Megerle von Mühlfeld.* Vienne et Trieste, in-8, 1807.

(4) *Naturwunder des Oesterreichischen Kaiserthums*, in-8 avec pl. Vienne, 1807-8. — *Skizzirte Darstell. der Physikal. Beschaffenh. u. d. Naturgesch. des Herzogth. Steyermark*, in-8. Grätz, 1806.

(5) *Reise durch Oesterreich, Tyrol, nach Dalmatien*, etc., in-8 avec pl. Leipzig, 1812.

(6) *Kurze Darstellung einer Mineralogie von Steyermark*, etc., in-8 avec pl. Grätz, 1809-10.

(7) *Observations minéralogiques sur les environs de Vienne*, in-4 avec pl. Vienne, 1822.

n'eurent en réalité aucune influence sur la partie de la science qui nous intéresse.

. . . .

§ 4. Pologne et Silésie.

Au nord des Carpathes, le bassin de la Vistule, qui comprend la plus grande partie de la Pologne, a été l'objet de quelques recherches de la part des anciens paléontologistes et des géologues. Rzaczynski (1), dans son histoire naturelle curieuse de ce pays, a donné plusieurs renseignements utiles; Guettard (2), dont nous aurons beaucoup à parler lorsque nous nous occuperons de la France, a publié un mémoire sur la nature des terrains de la Pologne et des minéraux qu'ils renferment. La carte qu'il y a jointe présente trois divisions géologiques ou zones, l'une au sud, l'autre au nord, et une troisième dirigée N.-O., S.-E. de Bochnia et Wielikska au Dniester. Cette dernière, assez étroite, se trouve en dehors de la région des Carpathes. Ce mémoire est accompagné de 5 planches représentant des fossiles secondaires et tertiaires assez reconnaissables. Pologne.

Plus tard, Stasica (3) a écrit aussi sur la géognosie des Carpathes et des plaines de la Pologne, et en 1805 Geusau (4) a donné la description d'une petite série de fossiles des environs de Sandomir. Tels furent les précurseurs de G. G. Pusch, qui plus qu'aucun autre a contribué à faire connaître les nombreux débris organiques de cette contrée, par des publications

(1) *Historia naturalis curiosa Poloniæ, magni Ducatûs Lithuaniæ*, etc., in-4. Sandomir, 1721. — De Carosi, *Reisen durch verschied polnische Provinsen mineralogischen*, etc., in-8. Leipzig, 1781-84.

(2) *Hist. de l'Acad. r. des sciences*, 1764, p. 254.

(3) *O Ziemiorodztwie Karpatow*, etc. (*De Geognosia Carpathorum aliorumque montium et planorum Poloniæ*, in-4. Varsovie, 1805.)

(4) *Beschreibung einer kleinen Suite*, etc. (*Neu Schrift. d. Gesellsch. naturf. d. freunde zu Berlin*, 2 B., p. 212. 1799) — Voy. aussi L. D. Hermann, *Curiosités naturelles de Messel*. In-4. 1711.

variées et surtout par son grand ouvrage, qui les résume toutes et parut en 1837 (1).

Silésie. Si du bassin de la Vistule nous passons dans celui de l'Oder supérieur, nous verrons que, dès le commencement du XVIIe siècle, C. Schwenkfeld (2) donnait un catalogue des plantes et des fossiles de la Silésie; Th. Kretschmer (3) traitait des montagnes et particulièrement de celles des Sudètes au point de vue minéralogique; J. Prœtori (4), du Riesengebirge, ainsi que de Charpentier (5); G. A. Volkmann (6), dans sa *Silesia subterranea*, a fait connaître le gisement d'un certain nombre de pétrifications. On peut encore citer les lettres de Zöllner (7) sur la Silésie, Cracovie, Wielikska et le comté de Glatz, ainsi que les voyages exécutés en 1791, et l'ouvrage de Raumer sur la Silésie inférieure (8).

L. de Buch a donné un essai d'une description minéralogique des environs de Landeck, petite ville située à trois lieues au sud-est de Glatz (9). Le traducteur regarde ce petit ouvrage comme le meilleur travail de minéralogie géographique qui ait été publié en Allemagne. L'auteur, dit-il, ne décrit pas les différents objets en suivant l'ordre dans lequel il les a observés

(1) *Polens Palæontologie*, in-4.

(2) *Stirpium et fossilium Silesiæ Catalogus*, etc., in-4. Leipzig, 1600.

(3) *Mineralogia montis gigantea, Kurze Beschreib. d. bekannten Bergarten*, etc., in-4. Wittenberg, 1663.

(4) *Schlesischer Rübenzahl, oder Beschreib. d. Riesengeb. in Schlesien*, in-8, 1668; — in-12, 1683.

(5) *Beiträge z. geognost. Kenntn. d. Riesengebirges*, in-4. Leipzig, 1804.

(6) *Silesia subterranea, Schlesien mit seinen unterirdischen Schätzen*, in-4. Leipzig, 1820.

(7) *Briefe über Schlesien, Krakau, Wielikska u. die Grafsch. Glatz auf einer Reise im Jahr*. 1791, in-8. Berlin, 1792-93. — Kundmann, *Promptuarium rerum naturalium et artificialium Vratislaviense*, in-4. Beslau, 1726.

(8) *Gebirge von Nieder-Schlesien*, 1819.

(9) *Mém. de minér. et de géologie*, vol. I. Lyon, 1817. — *Versuch einer Miner. Beschreib. v. Landeck*. In-4 avec carte. Breslau, 1797. — *Journ. de phys.*, vol. XLVII, p. 154. 1798. Cette dernière analyse donne une idée plus exacte et plus complète du travail.

pendant son voyage; mais après avoir bien étudié le terrain et saisi lui-même l'ensemble formé par les masses minérales qui le composent, il fait successivement l'histoire de chacune de ces masses, c'est-à-dire qu'il décrit la nature, la structure, l'étendue et la position respective de chacune d'elles, et, de cette manière, donne vraiment l'idée de la constitution minéralogique de la contrée. La préface de de Buch n'est pas moins judicieuse, lorsqu'il distingue les méthodes de descriptions géographiques, géognostiques et oryctognostiques et qu'il donne la préférence à la seconde, la seule qui, en effet, réponde au but que le géologue doit se proposer.

§ 5. Centre et nord de l'Allemagne.

Pour exposer les idées et les faits qui se rattachent à la connaissance des fossiles du centre et du nord de l'Allemagne proprement dite, il serait assez difficile de suivre une marche exclusivement géographique et par pays; elle n'aurait d'ailleurs qu'un très-médiocre intérêt, parce que les ouvrages iconographiques ou représentant des restes de corps organisés sont moins nombreux et moins importants que ceux dont nous avons parlé jusqu'à présent; aussi préférons-nous indiquer d'abord les premières pensées qui ont germé dans l'esprit des naturalistes même avant la Renaissance, mentionner ensuite quelques observations du XVIe siècle pour arriver enfin aux théories plus importantes du milieu et de la fin du XVIIIe. Nous nous occuperons après des publications iconographiques et des descriptions locales de la même période.

Albert le Grand, Agricola.

Celui que l'on a nommé à juste titre l'Aristote du moyen âge, Albert le Grand, n'avait pas méconnu, comme on l'a fait souvent depuis, l'origine véritable des fossiles. Dans son chapitre VIII, *de Lapidibus*, il s'occupe des différentes pierres représentant des empreintes ou des traces d'animaux, et suit en cela, comme en beaucoup d'autres points, l'école d'Avicenne.

George Agricola ou Bauer (1), né à Glaucha, en Misnie, en 1490 ou 1494, et regardé comme le père de la métallurgie, au XVIᵉ siècle, n'était point étranger non plus aux sciences naturelles. Il possédait également bien les auteurs anciens, et rappela qu'on avait regardé le *Daphnia* de Pline comme désignant des coupes transverses de Nummulites. Il a donné le nom de *Bélemnites* aux fossiles que l'on a depuis continué à désigner ainsi, et il a repoussé l'assimilation qu'on en avait voulu faire avec le *lyncurium* de Pline.

Leibnitz. N'ayant point à nous occuper de la théorie physique de la Terre proprement dite, nous ne rappellerons le nom de Leibnitz qu'à cause des fossiles qu'il a mentionnés dans plusieurs parties de sa *Protogæa* et des opinions qu'il professait à leur égard. Une première esquisse de ce livre célèbre fut insérée dans un journal de Leipzig en 1693, mais il ne fut publié en entier que 56 ans après la mort de l'auteur, en 1749, l'année même où, par une singulière coïncidence, parut la *Théorie de la Terre* de Buffon.

Leibnitz, en signalant les restes de poissons des schistes cuivreux d'Eisleben et d'Osterode (Saxe), les compare tous à des espèces vivant encore dans les eaux douces ou dans les eaux marines. Il rappelle que Walerius Cordus, médecin d'Hildesheim, qui passait pour avoir fourni à Agricola beaucoup de renseignements sur les fossiles du nord de l'Allemagne, en a recueilli d'assez nombreux dans les diverses exploitations du Hanovre, des environs d'Hildesheim, d'Alfeld et sur les flancs du Harz. Il ne doute nullement d'ailleurs de leur origine organique. Il donne des figures d'Ammonites que nous connaissons aujourd'hui pour caractériser le muschelkalk, les calcaires jurassiques et la craie, fossiles qu'indiquait déjà Lachmann dans son *Oryctographie d'Hildesheim*. Il représente également les dents de Squales désignées sous le nom de *Glossopètres* et qu'il attribue fort bien à des poissons. On leur croyait alors

(1) Voy. son *Traité de la nature des fossiles*, in-8. Wittemberg, 1612 (en latin).

des vertus particulières et surtout des propriétés médicinales. Aussi en voyait-on qui étaient enchâssées dans des montures en or ou en argent que l'on portait au cou, comme des préservatifs de certaines maladies ou contre de prétendus maléfices.

Les Bélemnites dont parle aussi Leibnitz sont bien les corps que nous désignons ainsi, mais qui ne peuvent pas plus représenter les *dactyli Idæi* de Pline que son *lyncurium* (*antè*, p. 11). Le célèbre philosophe allemand s'est encore occupé de la recherche d'ossements fossiles enfouis sous les stalagmites de la grotte de Baumaner, de celles de Scharzfeld, et mentionne les coquilles rencontrées dans les couches profondes d'un puits creusé à Amsterdam jusqu'à 76 mètres. On remarquera d'ailleurs que la fin de la *Protogæa* est assez faible relativement au commencement, et peu digne d'un aussi grand esprit.

Il semble que ce soit à Lehmann (1) que l'on doive, en Allemagne, la première distinction rationnelle et générale que nous avons faite en commençant ce Cours, entre les roches dites *primitives*, cristallines et sans fossiles, qui constituent les éléments de la croûte originaire du globe, et les roches *secondaires*, celles qui ayant été déposées ensuite, au sein des eaux, avec les débris des précédentes, renferment des restes de végétaux et d'animaux. Cette division fondamentale dans la science, qui complète celle non moins importante qu'un siècle auparavant Sténon avait indiquée (*antè*, p. 18) et qu'Arduino appliquait vers le même temps (1759) aux Alpes secondaires du Vicentin, du Véronais et du Padouan (*antè*, p. 30), reposait sur de nombreux faits que Lehmann avait puisés dans l'examen attentif des roches carbonifères et cuprifères des pentes du Harz et de l'Erzgebirge. On peut les résumer ainsi en allant Lehmann.

(1) *Geschichte des Flötzgebirge*, Essai d'une histoire naturelle des couches de la terre. Berlin, 1756. — Ou *Essai sur les montagnes à couches*, traduct. française par d'Holbach, 1759. — *Entwurf einer Mineralogie*, in-8. Berlin, 1758. — *Untersuchung der sogen. Verstein. Kornähren u. Stangengr. v. Frankenberg in Hessen*, in-4. Berlin, 1760. — *Problema de petrefacto incognito noviter invento.* (*Nov. comm. Petrop.*, vol. X, p. 4, 29, 480.)

de bas en haut, inversement à l'ordre naturel, mais en suivant celui que les anciens auteurs adoptaient généralement alors.

1. Formation primaire et à filons.
2. Vieux grès rouge.
3. Dépôts houillers.
4. Grès rouge secondaire (*Rothe todte*).
5. Argile et calcaire bleu.
6. Schistes cuivreux.
7. Calcaire schisteux.
8. Zechstein, rauchwacke, calcaire fétide, albâtre.

Cette classification des roches d'une partie de la Saxe et des pays voisins est certainement remarquable pour l'époque, et repose sur les vrais principes stratigraphiques ; mais Lehmann eut le tort, comme un des grands maîtres de la science dont nous parlerons tout à l'heure, de croire que toute la terre devait être modelée sur la petite contrée qu'il avait si bien observée, et qu'il pouvait raisonner sur la structure générale de l'une d'après la connaissance de l'autre.

Fuchsel. Nous parlerons ici des travaux de Fuchsel, dont l'existence, qui semble avoir été ignorée de la plupart de ses contemporains, nous a été révélée 60 ans après par M. Keferstein dans un article du *Journal de Géologie* (1), où il réclame pour l'auteur le mérite d'aperçus très-justes et qui sont la base de nos théories actuelles. Fuchsel a publié deux mémoires : le premier intitulé *Historia terræ et maris ex Historià Thuringiæ per montium descriptionem erecta* (2); le second, *Esquisse pour l'histoire ancienne de la terre et de l'homme* (3), où l'auteur reproduit le système présenté dans le précédent. Ces mémoires nous sont d'ailleurs inconnus et n'existent pas dans nos bibliothèques.

(1) Vol. II, p. 191, 1830.

(2) Actes de la Soc. de Mayence établie à Erfurt, vol. II, p. 44, 1762. *Usus historiæ suæ terræ et maris*, ib.

(3) *Entwurf zu der ältesten Erd-und Menschengeschichte*, 1773. Sans indication du lieu de publication.

Fuchsel, qui avait surtout étudié le Harz, le Thuringerwald, les environs de Rudolstadt, y a déterminé la position relative des roches désignées aujourd'hui par les noms de muschelkalk, de grès bigarré, de zechstein, de schistes cuivreux et de *rothe todt liegende*, comme il suit, de bas en haut :

1. Rothe todt liegende,
2. Schistes cuivreux,
3. Zechstein,
4. Grès bigarré,
5. Muschelkalk,

donnant ainsi, de plus que Lehmann, la position du muschelkalk, du grès bigarré et de ses marnes ou des deux groupes inférieurs du trias par rapport au zechstein sous-jacent.

Suivant Fuchsel, les continents ont été recouverts par la mer jusqu'après le muschelkalk; mais, certaines couches ne présentant que des végétaux et des animaux terrestres, il admet qu'un continent a dû exister dans son voisinage et aurait été envahi ensuite par les eaux. De semblables révolutions peuvent arriver aujourd'hui, car, dit-il, la terre a toujours présenté des phénomènes semblables à ceux qu'on observe actuellement. Ainsi, ce que l'on a appelé, dans ces derniers temps, la *théorie des causes actuelles*, ce qui n'en est point une, puisque c'est la simple supposition que ce que nous voyons a toujours été ou à peu près, pensée déjà renouvelée d'Aristote, était aussi professée en Allemagne il y a un siècle.

Fuchsel aurait en outre reconnu que certaines couches étaient caractérisées, non-seulement par leur structure et leur nature minéralogique, mais encore par les débris organiques qu'elles renferment. Dans la formation des dépôts, la nature a suivi les lois actuelles; chacun d'eux a donné lieu à une couche, et la réunion d'un certain nombre de celles-ci a produit une formation qui représente une époque dans l'histoire du globe. Les dépôts formés d'abord horizontalement ont pu être inclinés ensuite par des tremblements de terre ou des oscillations du sol, etc. Enfin, suivant M. Keferstein, une carte géo-

logique était jointe au travail précédent; c'était, par conséquent, une des premières qui aient été construites.

Si ces principes de la science moderne, émis en Allemagne il y a cent ans, y sont restés inconnus ou sans résultat immédiat sur ses progrès ultérieurs, nous ne devons pas nous en étonner, puisqu'en France on a encore été plus longtemps à entrer dans la voie indiquée dès 1746 par un de nos compatriotes. L'histoire nous apprend, en effet, qu'il ne suffit pas qu'une idée soit juste pour qu'elle soit immédiatement appliquée; il faut encore qu'elle vienne en son temps, lorsque tout est, en quelque sorte, préparé autour d'elle pour la recevoir; si elle arrive trop tôt, elle peut bien n'être pas perdue, mais elle ne germe pas et ne porte pas de fruits.

A. G. Werner. Abraham-Gottlob Werner naquit à Wehlau, en Prusse, en 1750. Professeur à l'école des mineurs de Freyberg, il publia, en 1787, un exposé très-succinct de sa méthode qu'il a constamment modifiée et améliorée depuis, mais sur laquelle il n'a jamais rien publié de complet (1).

L'auteur y traite successivement : 1° des roches primitives (*uranfanglichen Gebirgsarten*), comprenant le granite, le gneiss, le schiste micacé ou micaschiste (*Glimmerschiefer*), le schiste argileux (*Tonschiefer*), le schiste porphyrique, le porphyre, le basalte, le mandelstein, la serpentine, le calcaire primitif, le quartz, la roche de topaze; 2° les montagnes en couches (*Fœltz Gebirgsarten*), comprenant des calcaires, des grès, des couches de houille, de craie, de sel, de gypse et de fer; 3° les roches volcaniques (*vulkanischen Gebirgsarten*), ou produits volcaniques de diverses natures et les roches pseudo-volcaniques; 4° les produits d'alluvion plus récents que le n° 2, les produits des phénomènes actuels.

(1) *Kurze Classification und Beschreibung der Verschiedenen Gebirgsarten*. Broch., in-4 de 28 p. Dresde, 1787. — Voy. aussi *Division et classification des montagnes et des roches* d'après Werner, rédigées par Hoffmann et Eslinger, ses élèves. (*Journ. de physique*, vol. L, p. 475.) *Idées de Werner sur quelq. points de la Géognosie.* (*Ibid*, vol. LV, p. 445, 1802.)

Cette méthode s'est plutôt répandue par ses nombreux élèves, qui y ajoutaient le fruit de leurs propres recherches, que par des publications; et, au fond, ce n'est que la pensée de Sténon, d'Arduino, de Lehmann et de Fuchsel, appliquée d'une manière plus systématique et plus générale. Werner eut, plus que ces derniers, l'avantage de se trouver sur un plus grand théâtre, et, comme professeur, un mérite qui contribua beaucoup à propager ses idées et à les mettre en pratique partout, tandis que celles de ses prédécesseurs ne sortaient pas d'un cercle extrêmement restreint, où peut-être même elles n'étaient pas suffisamment comprises faute d'explications et de démonstrations orales. Werner mit en outre dans son exposition plus de précision et une forme méthodique qui en faisaient mieux saisir les résultats et en facilitaient l'application sur le terrain.

Son travail eût été sans doute plus complet s'il eût médité les recherches des savants que nous venons de rappeler. Il se concentrait volontiers dans ses propres idées et dans ses observations personnelles, aussi cet exposé de la classification qu'il donna à l'âge de 27 ans semble-t-il inférieur à ce qu'il aurait dû être s'il eût pris en considération les données de Lehmann et de Fuchsel, de 20 et 30 ans plus anciennes.

Werner observa qu'entre les roches primitives à filons ou terrain granitique et celles désignées sous le nom de terrain secondaire ou à couches, comprenant les dépôts stratifiés d'origine plus récente et renfermant des fossiles, il y avait encore une série de roches participant un peu des caractères minéralogiques des premières, mais renfermant aussi quelques restes organiques, et il les désigna sous le nom de *roches de transition* ou *intermédiaires*. Il appliqua alors celui de *Flœtz-rocks* aux roches secondaires proprement dites, parce qu'il les croyait toujours en couches horizontales, tandis que les précédentes étaient plus ou moins inclinées. Mais cette expression de *Flœtz-rocks* dut être elle-même abandonnée dès que l'on reconnut que dans le Jura, sur les flancs des Alpes, etc., ces mêmes roches étaient inclinées et redressées comme celles de

transition. Enfin, les disciples de Werner adoptèrent aussi l'expression de *neu Flœtz* pour désigner ce que nous appelons aujourd'hui le *terrain tertiaire;* de sorte que l'ensemble de sa classification peut se résumer dans les quatre termes suivants, dans les trois derniers desquels il distinguait en outre des séries particulières, calcaires, argileuses et siliceuses.

1. Roches primitives à filons ou terrain granitique.
2. Roches intermédiaires ou de transition.
3. Roches secondaires (*Flœtz-rocks*).
4. *Neu flœtz* (roches tertiaires).

Werner appliqua le nom de *géognosie* à l'étude directe et positive des roches ou des couches de la terre, laissant celui de *géologie* à la partie spéculative ou théorique où allaient s'égarer tant d'esprits de ce temps-là.

Comme Lehmann, Werner, qui n'avait guère étudié que la Saxe, établit son système sur des bases trop étroites, avec des connaissances de géognosie géographique trop restreintes ; aussi croyait-il que presque toutes les roches s'étaient formées dans l'eau, d'où le nom de *neptunistes* donné à ses élèves, par opposition à ceux de *vulcanistes* et de *plutonistes*, donnés aux disciples d'Hutton, géologue écossais qui attribuait au contraire au feu l'origine et la consolidation de la plupart des roches.

Toujours, on le voit, nos théories sur les plus grands sujets sont, comme nos plus simples idées, le reflet de la somme de nos connaissances et en rapport avec la nature des objets que nous avons sous les yeux ; c'est de pareils écarts que l'histoire de la science doit nous garantir, parce qu'elle nous force malgré nous à sortir du cercle de nos propres pensées, du champ toujours restreint de nos études personnelles, et qu'elle agrandit, par suite, l'horizon de nos recherches comme de nos spéculations, en même temps qu'elle rectifie nos déductions par des comparaisons auxquelles nous n'aurions pas songé sans cela.

On a attribué à Werner ce principe qui guide les mineurs dans leurs travaux : savoir, que, dans un même district, tous

les filons de même nature doivent leur origine à des fentes parallèles entre elles, ouvertes en même temps, remplies ensuite durant une même période et par les mêmes substances minérales. Ce principe devait être le germe d'une théorie qui a eu du retentissement par son application aux grandes dislocations de l'écorce terrestre. Si, en effet, toutes les dislocations qui ont produit des chaînes de montagnes et qui sont parallèles étaient contemporaines, l'âge des chaînes s'en déduirait naturellement ; mais l'on sait aujourd'hui que les dislocations se sont produites avec la même direction, dans le même espace, à des époques très-différentes, et le principe, dans son application générale, a dû perdre de son importance.

Dans sa nouvelle théorie de l'origine des filons (1), Werner critique celle de Lehmann, et peut-être trouverions-nous là l'explication de ce que nous disions tout à l'heure; mais si cette dernière, qui consistait à considérer tous les filons comme les ramifications d'un tronc principal placé vers le centre de la terre, n'était pas irréprochable quant à la forme, elle était cependant plus vraie en principe que celle de Werner, qui fait opérer le remplissage de tous les filons par en haut et n'admet pas que leurs substances aient été dissoutes dans un liquide et soient le résultat d'un précipité chimique.

L'un des grands avantages de Werner, c'est d'avoir fondé une école dont les élèves appliquaient les principes partout et rapportaient ce qu'ils voyaient à ces mêmes principes, non d'une manière absolue, mais en les modifiant avec intelligence, suivant les résultats de leurs propres observations, ce qui obviait aux inconvénients d'une subordination trop exclusive à la parole du maître, et ce qui leur était d'autant plus facile que ces principes n'étaient pas écrits. De Humboldt, de Buch, de Charpentier, d'Aubuisson, de Schlotheim, Hoffmann, Eslinger et aujourd'hui leurs continuateurs à Freyberg appartiennent à cette école, qu'ils ont contribué à illustrer. Loin de se faire

(1) *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge*, in-12. Freyberg, 1791. — Traduct. française, in-8, 1802.

les défenseurs obstinés des idées du professeur, c'étaient des esprits élevés qui s'en séparaient dès qu'elles ne leur paraissaient plus fondées sur la nature des choses, et ce fut encore un bonheur bien rare pour Werner que d'avoir eu pour disciples des hommes aussi éminents qui n'ont ainsi propagé que ce qu'il y avait de vrai dans ses idées, sans insister jamais sur celles qui étaient fausses.

Si maintenant nous réunissons ensemble Lehmann, Fuchsel et Werner comme les représentants d'une même école positive et pratique, fondée sur l'observation attentive et la comparaison des faits, nous reconnaîtrons que, dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, cette petite région de l'Allemagne centrale qui avait été le champ de leurs travaux était entrée dans la véritable voie de la géologie stratigraphique, tandis que dans le même temps nous avons déjà vu et nous verrons encore des hommes, de mérite sans doute, mais qui n'étaient pas éclairés par les mêmes principes, marcher presque au hasard, chacun de leur côté, sans méthode commune, sans base à laquelle leurs recherches pussent être rapportées et coordonnées, et, par conséquent, sans résultats effectifs pour l'édification d'une science qu'ils cultivaient avec plus de dévouement que de réflexion.

Iconographes et oryctographes. — Saxe.

Parmi les iconographes qui, dans le nord et le centre de l'Allemagne, ont contribué à faire connaître les corps organisés fossiles de ce pays, nous citerons d'abord Valerius Cordus dont le recueil de fossiles remonte à 1561, puis Jean Kentmann (1), qui a donné le catalogue de ceux que l'on trouve particulièrement dans la Misnie, aux environs de Dresde, et dans quelques pays voisins. Lorsqu'en 1696 on découvrit un squelette d'Éléphant, presque entier, près de Burg-Tonna, non loin d'Erford (Erfurt) en Thuringe, le collége des médecins de Gotha n'hésita pas à déclarer que c'était un jeu de la nature et qu'il s'en formait de semblables dans la terre; mais G. E. Ten-

(1) *Nomenclaturæ rerum fossilium*, etc. (*In opere de fossilibus a Conr. Gesner collecto et edito*. Tiguri, 1565.)

zel (1) s'attacha à prouver le contraire et une polémique très-vive s'engagea pour et contre (2). Les premières données relatives aux reptiles ou Monitors des schistes cuivreux de la Thuringe sont dues à Spener (3), à Link (4) et à Em. Swedenborg (5), qui les prenaient naturellement pour des crocodiles.

On doit ensuite à divers auteurs des documents de peu d'utilité aujourd'hui : tels sont Büttner (6), dont l'ouvrage contient tout un système sur le déluge, ses causes et ses effets ; les planches qui l'accompagnent représentent des poissons, des reptiles et des plantes fossiles de certaines parties de l'Allemagne, avec de véritables *ludi*, pris pour des corps organisés ; puis G. Fr. Mylius (7), Bucher (8), Valentin Alberti (9) et Hoppe (10), qui décrit, sous le nom de *Gryphite pétrifiée*, le premier *Productus* signalé dans le zechstein de Géra. Ce fut l'occasion d'une discussion très-vive entre lui et Schreiber, qui persistait à regarder ces corps comme des *jeux de la nature*. Un peu auparavant, Schüttie (11) avait publié une courte description des fossiles et des minéraux des alentours d'Iéna.

(1) *Epistola de sceleto elephantino Tonnæ nuper effosso*, in-8. Iene, 1696. —*Transact. Philos.*, vol. XIX, p. 757. — Éd. allem. Gotha. — Voy. Bourguet, *Traité des pétrifications*, p. 135, où l'auteur ajoute d'autres documents sur le même sujet et signale d'autres ossements semblables.

(2) Voy. pour les détails de cette discussion Knorr et Walch, vol. III, p. 182.

(3) *Miscellanea berolinensia*, p. 99, fig. 24, 25, 1710.

(4) Lettre à Woodward, *Acta eruditorum*, p. 188, pl. 2. Lips., 1718.

(5) Dans son traité *de Cupro*, pl. 2. (*Opera philosophica et mineralia*, 3 vol. avec pl. Dresde, 1734.)

(6) *Rudera diluvii testes*, etc., in-4. Leipzig, 1710.

(7) *Memorabilia Saxoniæ subterraneæ*, part. I. Leipzig, in-4, 1709; part. II, 1718. — Chr. Mylius, *Von einigen Versteinerungen um Leipzig*.

(8) *Sachsenlandes natur. Historie*, etc., in-8. Pirna et Dresde, 1723.

(9) *Dissert. physica de figuris variarum rerum in lapidibus et speciatim fossilibus comitatûs Mansfeldici*, in-4. Leipzig, 1775.

(10) Récréations physiques de Berlin, p. 615, 1745.

(11) *Oryctographia Ienensis, sive fossilium et mineralium in agro Ienensi brevissima descriptio*, in-8. Leipzig, 1720.

Hebenstreit (1) a traité des pierres figurées des environs de Leipzig; Gehler (2) a publié un programme de quelques-unes des pétrifications les plus rares du même pays, Leske un voyage en Saxe relatif à l'histoire naturelle, et, plus récemment, les recherches de Freiesleben (3), quoique particulièrement techniques et celles de Liebenroth (4) n'ont pas laissé, ainsi que quelques autres plus oryctognostiques que paléontologiques, de prouver l'intérêt qu'on attachait aux fossiles. On trouve surtout dans le second ouvrage de Freiesleben des détails intéressants sur les schistes cuivreux.

Région Hercynienne. La région qui s'étend au nord du Harz, le Hanovre, le Brunswick et la principauté de Quedlinburg, n'ont pas été non plus stériles en productions relatives aux fossiles. Dès 1669, Lack-

(1) *De Lapidibus figuratis agri Lipsiensis* (*Act. acad. natur. Curios.* vol. IV, p. 553). — *Museum Richterianum*. — *Historia natur. fossilium*, in-4. Leipzig, 1754.

(2) *Programma de quibusdam rarioribus agri Lipsiensis petrificatis*, in-4. Leipzig, 1793.

(3) *Beiträge zur miner. Kenntniss von Sachsen*, in-8. Freyberg, 1817-18. — *Geogr. Beschreibung des Kupferschiefergebirges*, 4 vol. in-8, 1807. 1815.

(4) *Geogn. Beobachtungen u. Entdeck. in den Gegend von Dresde*, in-8. Iena, 1812.

Voy. aussi : Schulze, *Description des fossiles des environs de Dresde* (*Nouv. Magas. de Hambourg*, art. 33, p. 195; 37, p. 1. — *Ibid.*, ancien, vol. XIX, p. 535, et vol. XV, p. 533). – De Hupsch, *Nouvelles découvertes d'hist. nat. de la basse Saxe*, in-f°, 1768. — De nombreux mémoires de J. Sam. Schröter et Em. Walch (*Der Naturforscher*, vol. I, p. 132, 1774) sur les Nautiles des environs de Weimar; p. 199, sur les Bélemnites; 2e part., p. 149, sur les Tortues fossiles; p. 157, sur les Crabes; p. 169, sur les Ammonites de Weimar; vol. II, p. 23, sur les astroïtes et les polypiers. — P. 80, Description de deux Térébratules vivantes, par G. A. Grundlers, probablement la première anatomie que l'on ait donnée de ces brachiopodes. — P. J. Sachs, *De miranda lapidum natura impress. cum majore dissert. de cancris et serpentibus petrificatis*, in-8. Iena, 1664. — Schröter, *Lithologische Beschreibung der Gegenden um Thangelstedt und Rettewitz in dem Weimarischen*, in-4. Iena, 1768. — Verdion, *Von etlichen Versteinerungen um Jüterbogk im sächsischen Churkreise*, (*Neu. Hamb. Magaz.*, 78 st., p. 474).—Titius, *Gemein. Abhandl.*, 1re p., p. 374.

mann ou Lachmund (1), dans son *Oryctographie des environs d'Hildesheim*, a donné un certain nombre de planches représentant les restes organiques de ce pays ; Reiskius (2), dans sa longue dissertation historico-physique sur les cornes d'Ammon du Brunswick, nous présente un vrai modèle de la manière dont on traitait alors les sujets d'histoire naturelle, c'est-à-dire des digressions à l'infini jointes à une érudition creuse, qui semble approfondir tout et remonter à l'origine des choses pour finir par s'occuper à peine du sujet lui-même. Quant à J. Johnston (3), qui l'avait précédé de quelques années, il ne croyait pas que ces corps fussent de véritables coquilles. Bruckmann (4), Ritter (5), G. Henning Beherens, dans son *Hercynia curiosa* (6), Krüger, en traitant des pétrifications de la principauté de Quedlinburg (7), J. J. Lerch (8) et J. Schreber (9), en s'occupant des environs de Hall, et Lehmann, dans ses curiosités naturelles d'Halberstadt (10) prouvent jusqu'à quel point les recherches paléontologiques étaient suivies au nord et à l'est de Harz, dans cette première moitié du XVIIIe siècle. Ballenstedt (11) s'occupait des mêmes études dans l'Elmsgebirge, et C. Bieling (12) a fait connaître les restes des ver-

(1) *Oryctographia Hildesheimensis, sive*, etc., in-4, 1669.

(2) *Exercitatio historico-physica de cornu Hammonis agri Brunhusani et Sanderheimensis lapide quem vulgo* Drakenstein *nominant.* (*Ephem. med. Physic. acad. imp. Leop. natur. cur.* Déc., II, 7e année, p. 163, 1689.)

(3) *Notitia regni mineralis*, Leipzig, 1661.

(4) *Epistola itineratoria sistens catalogum fossilum figuratorum Guelpherbytensium*, in-4. Wolffenbüttel, 1737.

(5) *Specimen oryctographiæ Calenbergicæ*, in-4. Sonderhausen, 1741. — Spec. II, 1743. — *Oryctographia Goslarensis*, in-4, 1733. Helmstadt. — Ed. alt. Sonderhus, in-4, 1738.

(6) *Hercynia curiosa*, in-4. Nordhausen, 1720.

(7) Arch. de Ballenstedt, vol. III, p. 265.

(8) *Oryctographia Halensis*, in-8. Halle, 1730.

(9) *Lithographia Halensis*. Halle, 1759.

(10) *Récréations de physique*, vol. II, p. 112.

(11) Arch., vol. IV, p. 44.

(12) *Geschichte der Entdeckung*, etc., in-4. Wolffenbüttel.

ténébrés du Linderberg dans le duché de Brunswick; C. F. Meyer (1) a décrit les fossiles de Scheppenstedt, d'Harzbourg et de Salzthal.

Prusse et provinces Baltiques.

Si nous remontons actuellement au nord et au nord-est, dans la Prusse actuelle et les provinces Baltiques, nous verrons que les paléontologistes iconographes y ont laissé dans la science des traces tout aussi nombreuses et plus profondes encore que les précédentes. J. Phil. Breyn ou Breynius, né à Dantzig en 1680, a principalement traité, dans sa dissertation sur les polythalames (2), de la structure des coquilles chambrées ou divisées en plusieurs loges et que nous plaçons aujourd'hui parmi les céphalopodes. Les caractères des Orthocératites y ont été bien saisis, ainsi que ceux des Ammonites, mais il n'est pas exact de dire, comme on lit dans l'*Histoire des sciences naturelles*, professée par Cuvier au Collége de France (3), que c'est le premier ouvrage où il soit question, avec quelques détails, des diverses espèces d'Ammonites ou de cornes d'Ammon, et qu'il est la première base des recherches nombreuses auxquelles ont donné lieu ces coquilles remarquables. On a vu, en effet, que dès 1689 Reiskius avait publié une dissertation fort étendue sur ce sujet, et qu'en 1716 Scheuchzer avait fait plus, en donnant une classification raisonnée de 149 Ammonites.

Nous avons dit que, vers le milieu du XVIIIe siècle, l'étude des rhizopodes ou des animaux à coquilles microscopiques ou submicroscopiques, rangés alors avec les coquilles de céphalopodes, avait pris en Italie et dans le sud de l'Allemagne une grande extension, par les travaux de Beccari, de Plancus, de Soldani, de Fortis, de Fichtel et Moll; vers le même temps, le nord de l'Allemagne vit naître l'étude plus attentive des oursins fossiles. Ainsi Breyn, dans son *Schediasma de Echini*, dissertation qu'il a ajoutée au mémoire précédent, range les oursins

(1) *Récréations minéralogiques*, vol. I, p. 65. — *Journ. de Brunswick*, 1756.

(2) *Dissertatio de Polythalamiis*, in-4, 1732.

(3) Vol. III, p. 326.

qu'il connaissait dans 7 genres, d'après la position relative des deux ouvertures anale et buccale de leur enveloppe solide. Ce sont les genres *Echinometra*, *Echinoconus*, *Echinocorys*, *Echinantus*, *Echinospatagus*, *Echinobrissus* et *Echinodiscus*, qui ont tous pour racine le mot *Echinus*.

Jacob-Théodore Klein, l'un des hommes de l'époque qui se sont le plus occupés des fossiles du nord de l'Allemagne, a publié son tableau des Échinodermes (1) deux ans après l'ouvrage de Breyn. C'est le travail le plus étendu qui ait paru sur ce sujet et surtout sur les oursins fossiles; aussi est-il le point de départ, encore utile aujourd'hui à consulter, de tout ce qui a été écrit sur cette classe de corps. Il y a ajouté des observations sur les baguettes d'échinides et d'autres sur les Bélemnites, qu'il rapproche des Nautiles. Après avoir réuni pour cet ouvrage tout ce qu'il y avait d'oursins dans le cabinet royal de Dresde, ce que ses relations étendues avec les naturalistes des autres pays et sa propre collection lui avait fourni, il proposa une classification fort simple et très-rationnelle, basée, comme celle de Breyn, qu'il ne connaissait probablement pas, sur la position relative des ouvertures buccale et anale, caractère qui est encore de premier ordre dans les classifications les plus récentes. Mais, étendant les combinaisons et les rapports de ces deux parties plus loin qu'on ne l'avait fait encore, il proposa 14 genres, sans faire aucune mention de ceux de son prédécesseur. Une traduction française de cet ouvrage a été faite par Brisson (2), et Leske, dans une édition plus étendue publiée en 1778, a encore ajouté aux recherches de son devancier.

On doit aussi à Klein une description des pétrifications des environs de Dantzig (3), comprenant des Ammonites, des

(1) *Naturalis dispositio Echinodermatum*, in-4 avec 36 pl. Danzig, 1734. — *Echinites Tesdorpfii*. (*Abhandl. d. naturf. Gesellsch. in Danzig*, 2 Th., p. 292.)

(2) In-8, 28 pl., 1754.

(3) *Specimen descriptionis petrefact. Gedanensium*, in-f°. Nuremberg, 1770.

Peignes et des Limes jurassiques, quelques Inocérames et d'autres fossiles crétacés, des trilobites et des crinoïdes des terrains anciens, tous d'ailleurs très-mal figurés, puis une note sur des dents d'Éléphant (1), une autre sur un Bœuf fossile (2), et une troisième sur des Huîtres également fossiles (3). Le travail de Rosinus (4) sur les crinoïdes, qui suivit bientôt le mémoire de J. C. Harenberg, peut être regardé comme un modèle de ce genre de recherches, eu égard au temps où l'auteur écrivait, et ses études sur les Bélemnites méritent également d'être mentionnées (5), de même que l'ouvrage de J. H. Link (6) sur les Étoiles de mer.

Parmi les travaux moins étendus ne se rapportant qu'à des faits particuliers ou à des études locales, nous rappellerons ceux de Kirchmaier (7), de Reisk (8) sur les Glossopètres des environs de Lunebourg, corps auxquels s'attachaient des croyances populaires et étaient attribuées des vertus particulières; puis ceux de Mell (9) sur les pierres figurées des environs de Lubec, d'Asmann (10) sur celles des environs de Wittenberg, de Neuber (11) sur le même sujet, de Martini (12) sur quelques pé-

(1) *De dentibus Elephantinis.*

(2) *Philos. Transact.*, vol. XXXVII, n° 426, p. 427.

(3) *Ibid.*, vol. XLI, n° 459, p. 568.

(4) *Tentaminis de lithozois ac lithophytis, olim marinis jam vero subterraneis Prodromus*, etc., in-4 avec 10 pl. Hambourg, 1719. — J. C. Harenberg, *Encrinus seu Lilium lapidum*, in-4°, 1729.

(5) *De Belemniticis et hisce plerumque incidentibus alveolis animadvertiones*, in-4. Francohusæ, 1728. — *Hamb. magazin.*, vol. VIII, p. 97.

(6) *De Stellis marinis*, in-f°, 42 pl. Leipzig, 1733.

(7) *Dissertatio de corporibus petrificatis*, in-4. Wittenberg, 1664.

(8) *De Glossopetris Luneburgensis*. Leipzig, 1684.

(9) *Comm. de lapidibus figuratis agri littorisque Lubecensis*, in-8. Lubec, 1720.

(10) *De fossilibus volutalis et præcipuis de iis quæ in Wittenbergensi regione inveniuntur*, in-4. Wittenberg, 1795.

(11) *Wittenb. Wochenblatt*, vol. XIII, p. 278.

(12) *Berlin Magaz.*, vol. I, p. 261; — *id.*, *ib.*, vol. II, p. 17;—*id.*, *ib.*, vol. IV, p. 36. — Voy. aussi sur les environs de Riedersdorf, *ib.*, vol. I, p. 404; — vol. II, p. 483; — sur les fossiles de l'Ukermarck (*Récréations physiques de Berlin*, vol. I, p. 51).

trifications de la Marche Électorale, entre autres les Orthocératites et les Ammonites.

Arenswald (1) a décrit les corps organisés fossiles du Mecklembourg et de la Poméranie, et Denso (2) a fait remarquer leur rareté relative dans ce dernier pays; Lesser (3) a fait connaître les curiosités naturelles du bailliage de Hohenstein, dans le comté de Stolberg, et l'on doit à Stobœus (4) un opuscule consacré aussi à l'histoire des pétrifications, de même qu'à J. D. Titius (5) plusieurs dissertations sur le même sujet.

Les insectes conservés dans le succin qu'on retire des bois ou lignites des bords de la Baltique ont également attiré l'attention des naturalistes du pays. Ainsi, dès 1742, Sendel (6) en parlait dans son histoire du succin, Bock (7) également, et d'autres renseignements sont indiqués sur ce sujet dans le grand ouvrage de Walch et Knorr (8). Le baron de Hüpsch (9) a décrit et figuré le fossile connu alors sous le nom de *pierre de pantoufle*, *sandaliolithe*, *sandalithe*, *crepite* ou *crepidalithe*, la *Calceola sandalina*, Lam., provenant du calcaire de l'Eifel. Il place cette coquille à côté des Gryphites et des Térébratules, et

(1) *Geschichte der Pommerischen und Meklenb. Versteinerungen* (*Naturforscher*, 5 st., p. 145; — 8 st., p. 224).

(2) In-4. Stettin, 1748.

(3) *Journ. de Hanovre*, 1751. — *Récréations minéralogiques*, vol. I, p. 170.

(4) *Opuscula in quibus petrefactorum*, etc. *Historia illustratur*, in-4. Dantzig, 1750.

(5) *De Rebus petrefactis earumque divisione observationes variæ.* (*Diss. resp. Dan. Gotth. Bertholdo*, p. 22. Wittenbergæ, 1766. — Id., *Von den Versteinerungen.* (*Gemein. Abhandl.*, 1 Th., p. 248.—*Neu. Hamb. Magaz.*, 91 st., p. 24.)

(6) *Historia Succinorum*, in-f°, 13 pl. Leipzig, 1742.

(7) *Abrégé de l'histoire du Succin de Prusse*, in-8. Kœnigberg, 1767.

(8) *Lapides diluvii Testes*, etc., traduct. franç., vol. I, p. 143. — Nous renverrons également au même ouvrage (vol. II, p. 23) pour beaucoup d'autres travaux sur l'oryctographie du centre et du nord de l'Allemagne qui ont été publiés dans la première moitié du XVIII[e] siècle.

(9) *Journ. de phys.*, vol. II, p. 148, 1774. — *Neu. in der Naturgesch. des Niederd. gem. Entdek. ein. Selt.*, etc., in-8, 4 pl., p. 159. Francf. und Leipzig, 1768.

en distingue deux espèces. Il décrit également une Orthocératite et une Baculite.

Enfin, nous indiquerons encore, en terminant cette énumération des recherches publiées dans cette partie du nord de l'Allemagne pendant les trois quarts du XVIIIe siècle, les ouvrages plus généraux d'Hollmann (1) sur l'origine des corps marins et des autres corps étrangers qui se trouvent dans le sein de la terre, de Rasp (2), qui, dans son spécimen de l'histoire naturelle du globe terrestre, a donné un travail complet sur toutes les îles nouvellement apparues et sur tous les systèmes de cosmologie émis jusqu'alors, et de J. H. Gottlob de Justi (3), sur l'histoire du globe déduite et prouvée par ses propriétés intérieures et extérieures. L'auteur reconnaît que les roches ont été soulevées par l'action des feux souterrains, que la mer a plusieurs fois changé de lit, qu'elle occupait la place de nos continents actuels, que la surface des terres a été plusieurs fois habitée, puis dépeuplée, par suite de catastrophes universelles, et cela avant le commencement de l'ère actuelle. Pour l'auteur, qui était panthéiste, Dieu et le monde ne font qu'un.

Blumenbach. Si nous recherchons maintenant, vers la fin du XVIIIe et le commencement du XIXe siècle, quelque représentant de la paléozoologie générale dans ces mêmes pays, nous le trouverons dans Blumenbach, né à Gotha en 1752, et mort en 1840. Ce savant rangeait les fossiles dans quatre classes qui correspondaient, suivant lui, à autant de révolutions du globe (4). La

(1) *De Corporum marinorum aliorumque peregrinorum in terra continente origine.* (*Comment. Soc. Gött.*, vol. III, p. 285. — *Gött. gel. Anz.*, p. 985, 1753. — *Journ. de Phys.*, vol. II, p. 118. — *Hamb. Magaz.*, vol. XIV, p. 227. — Hollmann s'est aussi occupé d'ossements fossiles de Rhinocéros. (*Comm. Soc. r. Götting.*, vol. II, p. 21-242, 1752. — *Samml. zufäll. Gedanken. Lemgo*, 1771.)

(2) *Specimen historiæ naturalis globi terraquei*, etc., in-8. Amsterd. et Lips., 1763.

(3) In-8. Berlin, 1771. — *Abhandl. v. d. Alter d. Versteinerten Fossilien* in ses *Neuen Wahrheiten*, 3 St., p. 312. — Voy. aussi en français : *Nouvelles économiques et littéraires*, nov. 1756, p. 56.

(4) *Specimen archæologiæ Telluris terrarumque imprimis Hannove-*

première comprend les fossiles dont les analogues vivent encore sur les lieux mêmes où leurs ancêtres ont été détruits ; la seconde, ceux dont les analogues ont survécu à une grande catastrophe, mais qui ont dû être transportés par des inondations, tels que les grands quadrupèdes dont les ossements ont été accumulés sur certains points et dont les représentants existent actuellement sous des latitudes différentes. La troisième époque est caractérisée par les *fossiles équivoques*, c'est-à-dire ceux qui ressemblent aux espèces vivantes, qui toutes offrent des différences qui ne permettent pas de prononcer si ce sont les mêmes espèces dégénérées ou bien d'autres réellement distinctes. Enfin, dans la quatrième sont rangés les fossiles les plus anciens, dont les analogues n'existent plus et qui semblent avoir appartenu à une autre terre.

L'auteur, appliquant à ces quatres prétendues classes les divisions générales quelquefois usitées dans l'histoire des nations ou des races humaines, en époques historique, héroïque et mythologique, trouve que ses deux premières classes ou les plus récentes rentrent dans les temps historiques, la troisième comprenant l'âge héroïque et la quatrième correspondant au temps obscur de la mythologie.

Voilà cependant où en était encore en Allemagne, dans les premières années de ce siècle, les idées sur la succession des faunes et des flores fossiles; remarquons que ce sont celles d'un des naturalistes les plus éminents de l'époque, l'un des plus instruits et des plus éclairés. Qu'était-ce donc que celles des autres? car on peut dire aujourd'hui que les idées de Blumenbach sur ce sujet peuvent être toutes rangées dans sa quatrième époque, celle de la fable.

Dans son *Manuel d'histoire naturelle* (1), les pétrifications sont réparties dans trois classes : la première comprend celles dont les analogues existent encore (*petrificata superstitorum*);

ranearum, in-4. Gœttingue, 1803. — Ed. altera, 1816. — *Journ. des Mines*, vol. XVI, 1804.

(1) Traduction française de Soulange Artaud, in-8. Metz, 1803.

la seconde, celles dont les analogues sont douteux (*petrificata dubiorum*), et la troisième, celles dont les analogues sont inconnus (*petrificata incognitorum*), arrangement qui n'est certainement pas plus naturel ni plus conforme aux faits que le précédent.

De Schlotheim.

Enfin, à une époque encore plus rapprochée de nous, le nom de Schlotheim vient clore la liste des paléontologistes iconographes de l'Allemagne proprement dite. Il donna en 1804 une description des empreintes de plantes et des pétrifications végétales les plus remarquables (1), ou Essai sur la flore de l'ancien monde, accompagné de 27 planches de végétaux et de deux autres représentant des Astéries, des Euryales, des *Spirifer*, des crinoïdes, des Tentaculites, etc. En 1820, il commença la publication de son *Petrefactenkunde*, ou les pétrifications sous leur point de vue actuel, et description des débris d'animaux et de plantes fossiles ou pétrifiées de l'ancien monde (2).

Après l'indication de la classification qu'il adopte, après avoir rappelé l'existence des restes humains enveloppés dans des couches solides récentes, l'auteur énumère les restes d'animaux vertébrés, en commençant par les grands mammifères, tels que l'Éléphant, le Rhinocéros, le Bœuf, le Cerf, etc., puis passe aux oiseaux, aux poissons, aux insectes, aux trilobites, aux mollusques univalves et bivalves, traite des Bélemnites, des Orthocératites et de 38 espèces d'Ammonites, en y comprenant celles déjà décrites par ses prédécesseurs. La synonymie de chacune d'elles est rapportée, le lieu ou le gisement indiqué avec soin; mais il n'en est pas de même du terrain, qui l'est peu exactement ou bien est tout à fait omis. Ces détails constituent plutôt des remarques que de véritables descriptions régulières, suivant le nom de chaque espèce. 65 Térébratules

(1) *Beschreibung merkwürd. abdrücke und Pflanzen Versteinerungen*, etc., 1re part. avec 29 pl. Gotha, 1804.

(2) *Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzige Standpunkte durch die Beschreibung seiner Sammlung Versteinerungen v. foss. Ueberresten des Thier-und Pflanzenreichs*, in-8, pl., in-4. Gotha, 1820.

y sont relatées et figurées ; c'est le plus grand nombre d'espèces qu'on ait encore réunies jusque-là dans un seul ouvrage.

Dans un supplément publié deux ans après et accompagné de 21 planches, de Schlotheim (1) a représenté et décrit des ossements des environs de Kostriz, des crustacés, des plantes, des polypiers du terrain de transition. Enfin, dans un dernier fascicule, accompagné de 16 planches, et qui parut en 1823, le même savant a donné les figures de trilobites, d'Astéries, d'Ophiures, de crustacés et d'autres pétrifications du muschelkalk de la Thuringe.

Nous venons de dire que les indications de terrain n'avaient point, dans ces publications, toute l'exactitude désirable ; c'est à quoi M. A. Boué a tâché de remédier par un article où il a donné une liste des fossiles décrits ou figurés par de Schlotheim, distribués dans les terrains auxquels ils appartiennent ou dont ils proviennent (2).

§ 6. Scandinavie.

Nous ne trouvons sur le Danemark et la Norwége que l'ouvrage de M. H. Schacht (3) qui ait quelque rapport avec notre sujet; ceux assez nombreux et même fort étendus relatifs à l'histoire naturelle de l'Islande ne nous offrent aucun intérêt à cet égard; on voit seulement que T. Bartolin envoya à Resenius une dent d'Éléphant qui provenait de cette île et était changée en silex (4). Les ouvrages de Ström (5), de Pontoppidan (6), où

(1) *Nachträge zur den Petrefactenkunde*, avec 21 pl., 1822.

(2) *Edinb. Philos. Journ.*, janv., p. 281, avril 1825.

(3) *De mirandis in nostro Septentrione imprimis Dania et Norvegia Lapidibus figuratis*, in-4. (*Nov. lit. maris Balticæ*, p. 188, 1698.)

(4) *Act. med. hafn.*, vol. I, p. 83, n° XLVI.

(5) *Om Norske petrefacter*, etc. (*Naturhist. Selsk. Skrivt.*, 3 vol. 1re p., p. 110.)

(6) *Försog paa Norges naturalige Historie, Kjobenh.*, in-4. 1753. — *Hist. natur. de la Norwége*, trad. angl., t. II, p. 262; 1755.

l'on voit cités un crâne et une dent gigantesque provenant aussi d'Islande, et d'autres ossements déterrés en Norwége, et le voyage de de Buch (1), n'ont pas plus d'intérêt à notre point de vue, tandis qu'en Suède, dans cette région de l'Europe déjà si avancée vers le nord, les connaissances paléontologiques ne sont pas demeurées en arrière des autres sciences, qui y avaient été cultivées de si bonne heure et avec tant de succès.

Après Wendius (2), Swedenborg (3) publie une lettre sur les pierres figurées de la Suède; Bromell (4), dans la seconde partie de son ouvrage, signale entre autres fossiles le petit genre de trilobites désigné plus tard sous le nom d'*Agnostus* et ces corps toujours assez énigmatiques désignés sous celui de *Graptolithes*. Linné admettait, comme les anciens, la liquidité originaire du globe, mais le reste de sa cosmogonie est peu digne d'un esprit aussi éminent. Il connut seulement un petit nombre de fossiles, parla des trilobites sous le nom d'*Entomolithus paradoxus* (5), signala d'autres débris organiques observés dans ses voyages, mais sans en faire l'objet d'une étude spéciale.

J. G. Wallerius (6) a donné une dissertation sur les traces du déluge universel, a traité de l'origine du monde et de la terre (7), et s'est occupé des coquilles récentes de la côte d'Ud-

(1) *Reise durch Norwegen und Lappland*, in-8. Berlin, 1808.

(2) *Examen suecici lapidis qui anno superiore miris superbire figuris dicebatur*, in-4, 1701.

(3) *Epistola de lapidibus figuratis Sueciæ* (*Nova Lit. Suec.*, p. 192, 1721).

(4) *Acta liter. Sueciæ*, 1725-1726. — *Specimen II telluris Suecanæ petrificata lapidesque figuratos varios exhibens*, etc., *ib.*, 1727, *passim*. 1729-1730. — *Mineralogia et lithographia Suecana*, in-8. Stockholm et Leipzig, 1740.

(5) *Syst. naturæ*, Lugd. Batav., in-f°, 1735.—*Amœnitates academicæ*, 1728. — *Corallia balthica*, præsentata a Henric. Fought, Upsal, 1745. — *Oelands ka och Gothlandska Resa*. Stockholm et Upsal, 1756.—*Reise durch Oeland und Gothland*, in-8. Leipzig, 1756, etc., etc.

(6) *Mineral-Reich*, in-8. Stockholm, 1747. — Éd. allem., 1750. — Éd. franç., 1758.

(7) *Diss. observationes mineralogicæ ad plagam occidentalem sinus Bothnici factæ*, in-4, 1752.

devalla (1), qu'Alex. Brongniart a décrites de nos jours. Fought (2) a fait connaître les polypiers du terrain de transition de l'île de Gothland, dont Linné avait déjà parlé, et Brünnich (3) s'est également occupé des trilobites.

J. A. Gyllenhal (4), de son côté, a signalé de nouvelles formes de radiaires depuis longtemps figurées (5) et constituant aujourd'hui le type des Cystidées. J. J. Dœbeln a décrit et représenté des ossements gigantesques, probablement d'Éléphant trouvés en 1733 à Falkenberg, dans la province d'Halland (6).

G. Wahlenberg (7) a traité plus tard, d'une manière beaucoup plus spéciale, des trilobites de ce pays, qu'il désigne encore sous le nom d'*Entomostracites*, puis des autres fossiles de transition de l'île de Gothland, de la Westrogothie, de ceux de la craie de Scanie, etc. L'auteur a décrit en même temps les divers systèmes de couches qui composent les dépôts sédimentaires anciens de la Suède. Ce sont, de bas en haut : 1° des schistes alumineux et calcarifères, caractérisés par certaines formes de trilobites; 2° des calcaires puissants remplis de fossiles, et surtout d'Orthocératites et de trilobites de grandes dimensions; 3° des schistes argileux différents de ceux de la base, dépourvus de calcaire et de crustacés. Wahlenberg pense que les principales formes de trilobites affectent chacune un gisement particulier, et qu'elles représentent ainsi des époques différentes.

(1) *Diss. colles ad Uddevalliam conchacei*, in-4. Upsal, 1764
(2) *Amœnitates academicæ*, 1745.
(3) *Kiæb. Selsk. skrivt. nye Saml.*, p. 392, 1781.
(4) *Köngl. Ventsk. acad. Handl.*, p. 239-261, 1772.
(5) *Tilas vet. acad. Handl.*, pl. 11, fig. 18, 1740.
(6) *Act. Ac. natur. cur.*, vol. V, pl. 5.
(7) *Petrificata Telluris Suecanæ*, in-4 avec 4 pl. (*Nov. acta reg. Soc. Upsal*, vol. VIII, p. 1, 1821. — Voy. aussi J. F. L. Hausman, *Reise durch Skandinavien in den Jahren*, 1806-1807, in-8 avec pl. et cartes. Gœttingen, 1811-1814.

§ 7. Russie.

Considérons actuellement les recherches qui, dans l'Europe orientale et dans le nord de l'Asie, appartiennent à la période de l'histoire dont nous nous occupons. Le caractère paléontologique le plus frappant de ces immenses surfaces, celui qui leur a donné une véritable célébrité, qui a depuis un siècle et demi appelé l'attention d'une multitude de naturalistes, c'est la présence, sur une infinité de points, de débris de grands mammifères pachydermes, particulièrement d'Éléphants et de Rhinocéros, enfouis dans les dépôts superficiels des vallées.

Auteurs anciens.

Dès 1696, H. W. Ludolf (1) mentionnait l'Éléphant-mammouth de Sibérie; Tatischew (2), Breyn (3), Cartheuser (4), Laxmann (5) s'en occupèrent également, mais au point de vue zoologique; les matériaux qu'ils avaient sous les yeux étaient rapportés par les voyageurs ou les marchands qui faisaient le commerce de l'ivoire fossile, c'est-à-dire des défenses d'Éléphant, que l'on exploitait en quelque sorte sur les bords des grands fleuves.

De Strahlenberg (6) a montré comment les os étaient mis à

(1) *Grammatica russica, una cum brevi vocabulario rerum naturalium*, p. 92, in-8. Oxford, 1696. *Nota prima de Elephante mammonteo sibirico rite determinato.*

(2) *Epistola ad Benzalium de Mamontowa Kost, i. e. de fossilibus bestiæ Russis Mammont dictæ.* (*Act. lit. Suec.*, vol. II, p. 36). — *Ossa subterranea fossilia ingentia ignoti animalis e Siberia adferri cœpta*, in-4, Stockholm, 1725.

(3) *A description of some Mammoths bones dug up in Sibiria*, etc. (*Philos. transac.*, vol. XL, p. 39, 1737). D'après Messerschmidt.

(4) *De Mammuth Russorum*, in-4. Francfort, 1744. — Bibl. acad., Freyberg, n° 346.

(5) *Siberische Briefs herausgegeben v. A. L. v. Schlözer*, in-8. Gœttingen et Gotha, 1769.

(6) *An Historico-geog. description of the north and eastern parts of Europa and Asia*, etc., p. 403, in-4°, avec carte et pl. Londres, 1738. — Éd. originale, Stockholm, 1730. — Traduct. française, 2 vol. in-12. Am-

découvert lors des inondations. Il cite un squelette déterré près du lac Tzana, entre l'Irtysch et l'Obi, une tête entière à Toumen, sur la Toura, et entre Tomsk et Kafnetsko. Suivant Billing (1), certaines îles de la mer Glaciale, entre l'embouchure de la Lena et celle de l'Indighirska, sont formées de sable, de glace et d'une multitude prodigieuse d'ossements, de dents, de défenses, etc.

J. Georges Gmelin (2), qui, en 1733, avait été attaché comme naturaliste à l'expédition de Bering, envoyée par l'impératrice Anne dans la Sibérie orientale, fit connaître le gisement de ces grands mammifères le long des rives et à l'embouchure de la Lena et de ses affluents. Le czar Pierre avait ordonné, en 1722, que l'on recherchât avec soin le corps de l'animal d'où provenait ce que l'on appelait alors des *cornes de Mammont*, et, l'année suivante, Spiridion Portniaghinne informa la chancellerie d'Iakoutsk qu'en allant d'Oustiansk à la mer Glaciale, à 50 lieues environ de celle-ci, il avait trouvé, dans une couche de tourbe, une tête de Mammouth avec les cornes séparées, et la tête d'un autre animal différent. Ces premières indications furent suivies d'autres recherches qui amenèrent la découverte, dans des conditions semblables, de beaucoup de restes que Gmelin n'hésita pas à rapporter, les uns à l'Éléphant, et les autres à un animal moins grand, qu'il supposa voisin du Bœuf. Il pensait que ces animaux, pour éviter quelque danger, avaient dû fuir vers le nord, où ils seront morts de faim et de froid, et que d'autres avaient été noyés par des inondations qui les auront transportés, puis déposés là où on les trouve aujourd'hui. Amelin mourut en 1755, avant d'avoir publié la plupart de ses recherches, et ses nombreux manuscrits, déposés à Saint-Pétersbourg, ont dû être utilisés par ses successeurs, et surtout par Pallas.

sterdam, 1757. C'est une mutilation de l'ouvrage primitif; De Strahlenberg était un officier suédois fait prisonnier à la bataille de Pultawa.

(1) *Voyage*, traduit par de Castera, vol. 1, p. 181.

(2) *Reise durch Sibirien*, 4 vol. in-8. Gœttingen, 1751. — Trad. franç. par de Keralio, vol. II, p. 32, in-12. Paris, 1767. — Voy. aussi : Tilesius, *Mém. de l'Acad. i. de Saint-Pétersbourg*, vol. V, p. 425.

Pallas.

Ce dernier, à qui ses travaux sur la Russie d'Europe et la Sibérie ont fait un grand renom, possédait certainement toutes les qualités nécessaires au naturaliste voyageur, et, comme il n'était pas moins bon courtisan, il fit servir le crédit et la faveur dont il jouissait auprès de Catherine II au profit des observations scientifiques qu'il poursuivit avec beaucoup de constance et de bonheur. Né à Berlin en 1741, ses voyages se firent particulièrement de 1768 à 1773 (1), et le dernier, dans la Russie méridionale, en 1793 et 94 (2).

Éléphants et Rhinocéros.

Nous n'avons point à apprécier Pallas comme zoologiste, comme botaniste ni comme géographe, mais seulement comme géologue, et pour les services qu'il a rendus à la paléontologie. A ce dernier égard, on doit reconnaître qu'il signale, avec un soin scrupuleux, toutes les localités où il avait observé des débris organiques en place, et qu'il rapporte avec une égale attention tous les renseignements qu'il a obtenus sur les lieux. Ce sont surtout les restes d'Éléphants et de Rhinocéros appartenant à la dernière période de l'histoire de la terre, qui sont l'objet de ses préoccupations constantes. Il les mentionne dans la plupart des vallées du versant oriental de l'Oural, dont les cours d'eau se réunissent au Tobol, l'un des principaux affluents de l'Irtysch, et dans ceux de l'Ob, plus au nord.

Bien plus loin encore, vers l'est, on découvrit en 1771, sous le méridien de Iakoutsk, par 64° lat. N., sur les bords du Viloui, l'un des affluents de la Lena, un cadavre entier de Rhinocéros avec sa chair, sa peau et ses poils. Il était enterré dans un sable mélangé de gravier. On sait que, sous cette latitude, le sol ne dégèle que jusqu'à quelques pieds de profondeur pendant les trois mois d'été, autrement rien des parties molles n'aurait pu être conservé, depuis le phénomène qui, venant du sud ou

(1) *Reise durch*, etc., 3 vol. in-4. Saint-Pétersbourg, 1771-76. — *Voyage dans plusieurs provinces de l'empire de Russie*, traduction de Gauthier de la Peyronie, revue et enrichie par de Lamarck, 8 vol. in-4 avec atlas. Paris, 1789-93. — *Id.* Bâle, 1806.

(2) *Bemerkungen auf einer Reise*, etc.—*Nouveau voyage dans les gouvernements méridionaux de l'empire de Russie*, 2 vol. in-4. Paris, 1807.

des pentes de l'Altaï, a dû entraîner ces animaux dans les parties basses des plaines de la Sibérie et jusque sur les bords de de la mer Glaciale (1). Pallas décrivit en même temps un crâne du même animal, trouvé au delà du lac Baïkal, non loin de la rivière Selenga.

Le nord de l'Asie, dit-il ailleurs (2), renferme une si prodigieuse quantité de grands mammifères que, depuis le Tanaïs jusqu'à la pointe du continent la plus voisine de l'Amérique, il n'y a presque pas un fleuve dans cet espace immense, sur les bords ou dans le lit duquel on n'ait trouvé et l'on ne trouve encore fréquemment des os d'Éléphant et de plusieurs autres animaux qui n'appartiennent pas à ces climats. Remarquons encore que dans toute cette étendue, et sous les diverses latitudes, depuis l'Oural, à l'ouest, et l'Altaï, au sud, jusqu'aux plages de la mer Glaciale, toute la Sibérie est en quelque sorte jonchée de ces débris. L'ivoire le plus recherché pour ses qualités est celui qui se trouve dans les contrées voisines du cercle polaire et dans les régions situées à l'est, beaucoup plus froides que celles de l'Europe à latitude égale.

De la présence des poils, très-abondants surtout aux pieds et à la tête, Pallas (3) est porté à conclure que ces animaux pouvaient habiter sous un climat moins chaud que les Rhinocéros de nos jours, et la découverte, dont nous parlerons plus loin, d'Éléphant fossile ayant offert des particularités analogues, vient appuyer cette hypothèse.

Fossiles divers.

Quant aux débris organiques des roches plus anciennes, soit calcaires, soit arénacées ou argileuses, Pallas (4) les mentionne également avec soin. Tels sont les Bélemnites, les Ammonites, les Térébratules, les Tellines, les Chames, les *Mytilus* et des crustacés aux environs de Moscou, à Koroshovo, ceux de Va-

(1) *Nouv. comm. de l'Acad. i. de Saint-Pétersbourg*, vol. XVII, p. 590, 1773. — *Voyages*, etc., vol. V, p. 215. — Voy. aussi : Patrin, *Hist. natur. des minéraux*, vol. V, p. 391.

(2) *Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 1772, p. 576.

(3) *Nouv. comm. de l'Acad. i. de Saint-Pétersbourg*, vol. XVII, p. 586.

(4) *Voyages*, etc., vol. I, p. 21-214, *passim;* — vol. II, p. 310-313.

ladimir, de Constantinovo, des rives de l'Oka aux environs de Kosimof, etc. Il signale la craie à Simbirsk avec des Bélemnites, et sur beaucoup d'autres points, le long des affluents du Volga, mais sans distinguer, quant à leur âge relatif, les couches qui renferment ces fossiles. On ne voit même pas que l'idée de la non-contemporanéité de ces diverses couches lui soit venue, et nous en aurons la preuve si, au lieu de suivre le voyageur qui observe et ramasse les pierres sur sa route, nous cherchons dans ses écrits à saisir les vues théoriques que lui ont suggérées l'examen des grandes surfaces de pays qu'il avait parcourues.

Observations sur la formation des montagnes.

Le mémoire de Pallas, intitulé : *Observations sur la formation des montagnes et les changements arrivés au globe, particulièrement à l'égard de l'empire de Russie*, mémoire qu'il lut, le 23 juin 1777, à l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg, nous donnera la mesure exacte du résultat général de ses recherches (1).

Les plus hautes montagnes du globe sont, dit-il, formées de granite, dont la base est toujours un quartz plus ou moins mêlé de feldspath, de mica, et, ajoute-t-il, de *petites basaltes* éparses, sans aucun ordre et par fragments irréguliers (2). La roche n'est jamais en couches, mais par blocs ou par masses entassées les unes sur les autres, et elle ne renferme jamais non plus de fossiles organiques. Dans le Caucase, les roches granitiques du centre de la chaîne sont très-régulièrement accompagnées, de chaque côté, par des bandes schisteuses, qu'il nomme *primitives*, et à celles-ci succèdent des *montagnes secondaires et tertiaires*.

La *bande des montagnes primitives*, *schisteuses*, hétérogènes, qui, par toute la terre, accompagne les chaînes granitiques, « comprend les roches talqueuses et quartzeuses mixtes,

(1) *Acta Acad. Scientiarum imperialis Petropolitanæ anno* 1777. — Voy. un bon article sur ce sujet, *Journ. de Physique*, vol. XIII, mai 1779.

(2) Est-ce de l'amphibole hornblende, de la tourmaline ou du pyroxène augite que Pallas désigne par cette expression de *petites basaltes*? C'est ce que nous ne saurions dire.

« trapézoïdes, serpentines, le schiste corné, les roches spa-
« thiques et cornées, les grès purs, le porphyre et le jaspe :
« tous rocs fêlés, en couches presque perpendiculaires, ou,
« du moins, très-rapidement inclinées. Elles semblent, comme
« le granite, antérieures à la création des êtres organisés,
« et l'on n'y a jamais trouvé de pétrifications ni d'empreintes
« de plantes.

« Nous pourrons parler plus décisivement, continue Pallas,
« sur les *montagnes secondaires et tertiaires* de l'empire, et
« c'est de celles-là, de la nature, de l'arrangement et du con-
« tenu de leurs couches, des grandes inégalités et de la forme
« du continent d'Europe et d'Asie, que l'on peut tirer avec
« plus de confiance quelques lumières sur les changements
« arrivés aux terres habitables. Ces deux ordres de mon-
« tagnes présentent la chronique de notre globe la plus an-
« cienne, la moins sujette aux falsifications, et en même
« temps plus lisible que le caractère des chaînes primitives;
« ce sont les archives de la nature antérieures aux lettres et
« aux traditions les plus reculées, qu'il était réservé à notre
« siècle observateur de fouiller, de commenter et de mettre
« au jour, mais que plusieurs siècles après le nôtre n'épuise-
« ront pas.

« Dans toute l'étendue des vastes dominations russes, aussi
« bien que dans l'Europe entière, les observateurs attentifs ont
« remarqué que généralement la *bande schisteuse* des grandes
« chaînes se trouve immédiatement recouverte ou cottée par la
« *bande calcaire*. Celle-ci forme deux ordres de montagnes,
« très-différents par la hauteur, la situation de leurs couches
« et la composition de la pierre calcaire qui les compose, diffé-
« rence qui est très-évidente dans cette bande calcaire qui
« forme la lisière occidentale de toute la chaîne ouralique, et
« dont le plan s'étend par tout le pays plat de la Russie. L'on
« observerait la même chose à l'orient de la chaîne et dans
« toute l'étendue de la Sibérie, si les couches calcaires hori-
« zontales n'y étaient recouvertes par les dépôts postérieurs,
« de façon qu'il ne paraît à la surface que les parties les plus

« saillantes de la bande (1), et si ce pays n'était trop nouvelle-
« ment cultivé et trop peu exploité par des fouilles et autres
« opérations que des hommes industrieux ont pratiquées dans
« les pays anciennement habités. Ce que je vais exposer sur les
« deux ordres de montagnes calcaires se rapportera donc prin-
« cipalement à celles qui sont à l'occident de la chaîne oura-
« lique.

« Ce côté de ladite chaîne consiste, sur 50 à 100 verstes de
« largeur, en roches calcaires solides, d'un grain uni qui,
« tantôt ne contient aucune trace de productions marines, tan-
« tôt n'en conserve que des empreintes aussi légères qu'éparses.
« Cette roche s'élève en montagnes d'une hauteur très-considé-
« rable, irrégulières, rapides et coupées de vallons escarpés.
« Ces couches, généralement épaisses, ne sont point de niveau,
« mais très-inclinées à l'horizon, parallèles, pour la plupart, à
« la direction de la chaîne qui est aussi ordinairement celle de
« la bande schisteuse; au lieu que du côté de l'orient les cou-
« ches calcaires sont au sens de la chaîne en direction plus ou
« moins approchante de l'angle droit...

« En s'éloignant de la chaîne, on voit les couches calcaires
« s'aplanir assez rapidement, prendre une position horizontale
« et devenir abondantes en toutes sortes de coquillages, de
« madrépores et d'autres dépouilles marines. Telles on les voit
« dans toutes les vallées les plus basses qui se trouvent aux
« pieds des montagnes (environs de la rivière Oufa), telles aussi
« elles occupent toute l'étendue de la Grande Russie, tant en
« collines qu'en plat pays... »

(1) « Ceci donne en même temps l'explication pourquoi les pétrifications
« marines sont si rares dans toutes les plaines de la Sibérie et ne se trouvent
« abondamment que vers les côtes de la mer Glaciale, où les couches hori-
« zontales calcaires et glaiseuses sont à découvert; pourquoi l'on ne trouve
« point de craie en Sibérie et par quelle raison les pierres à fusil, si com-
« munes en Russie et en Europe, y sont d'une rareté extrême, » etc. Il est
probable qu'en parlant des fossiles des bords de la mer Glaciale, Pallas a plutôt
en vue les dépôts quaternaires que les couches à Bélemnites, Ammonites
et Cératites découvertes dans ces derniers temps par M. Middendorf. (Voy.
Hist. des progrès de la géologie, vol. VII, p. 562.)

Après avoir rappelé la distribution des blocs et des cailloux roulés sur les pentes du Valdaï, ainsi que le sillonnement de ces collines qu'il attribue à une inondation d'une grande violence, Pallas continue ainsi : « Plus avant dans les terres, où « les couches calcaires n'ont pas été dérangées, l'observateur « trouve partout la conviction la plus complète que ces couches, « tantôt peu profondes, tantôt accumulées en bancs qui for- « ment des collines isolées ou cohérentes par petites chaînes, « aussi bien que la *couche glaiseuse* qui se trouve généralement « au-dessous du plan calcaire et tout aussi abondante en pro- « ductions marines, ont formé l'une et l'autre, dans les pre- « miers âges du globe, le fond d'une mer profonde qui ne « saurait avoir produit ces dépôts originairement marins et sans « aucun mélange de restes d'animaux terrestres, que pendant « une longue suite de siècles. C'est surtout la *couche glaiseuse*, « dont la profondeur, chez nous, n'est pas explorée et qui me « semble continuée à une partie de la bande schisteuse des « hautes chaînes, qui doit avoir coûté bien des siècles à la na- « ture, et qui prouve, par ses pétrifications, que la mer doit « l'avoir couverte à une grande profondeur (1). »

En appliquant ces données générales à la chaîne de l'Oural, on voit que Pallas comprend, sous le nom de *montagnes secondaires*, la *bande calcaire* qui recouvre la bande schisteuse théorique primitive des grandes chaînes; et par la description des lieux on reconnaît qu'il comprend, dans cette expression, ce que nous appelons aujourd'hui le terrain de transition de l'Oural et du nord de la Russie (Esthonie et Ingrie). On voit, en outre, par la dernière note que nous venons de rapporter, qu'il confondait les couches secondaires argileuses à Ammonites et à Bélemnites des environs de Moscou avec les argiles siluriennes

(1) « Il est très-probable que les Ammones et les Bélemnites, dont nous « ne connaissons pas encore les originaux, ne nous sont restées inconnues « qu'à cause qu'elles ne sauraient vivre qu'à de grandes profondeurs. Leur « abondance dans les lits de glaise, inférieurs aux couches calcaires, en est « une preuve directe, » etc.

inférieures des environs de Saint-Pétersbourg, qu'il rapproche avec plus de raison de sa bande schisteuse des hautes chaînes.

« On n'a point observé jusqu'ici, dit plus loin le savant voya-« geur, une suite de ces *montagnes tertiaires*, effet des ca-« tastrophes les plus modernes de notre globe, si marquée et « si puissante que celle qui accompagne la chaîne ouralique, « ou côté occidental, sur toute sa longueur. Cette suite de « montagnes, pour la plupart composées de grès, de marnes « rougeâtres, entremêlées de couches diversement mixtes, « forme une chaîne partout séparée par une vallée plus ou « moins large de la bande de roche calcaire dont nous avons « parlé. Sillonnée et entrecoupée de fréquents vallons, elle « s'élève souvent à plus de 100 toises perpendiculaires, se ré-« pand vers les plaines de la Russie en traînées de collines qui « séparent les rivières en accompagnant généralement la rive « boréale ou occidentale, et dégénère enfin en déserts sablon-« neux qui occupent de grands espaces et s'étendent surtout « par longues bandes parallèles aux principales traces qui sui-« vent les cours des rivières.

« La principale force de ces montagnes tertiaires est plus « près de la chaîne primitive par tout le gouvernement d'Oren-« bourg et la Permie, où elle consiste principalement en grès, « et contient un fond inépuisable de mines de cuivre sablon-« neuses, argileuses et autres qui se voient ordinairement « dans les couches horizontales. Plus loin, vers la plaine, sont « des suites de collines toutes marneuses qui abondent autant « en pierres gypseuses que les autres en minerais de cuivre. « Je n'entre pas dans le détail de celles-ci, qui indiquent sur-« tout les sources salines; mais je dois dire des premières, qui « abondent le plus et dont les plus hautes élévations des plai-« nes, même celles de Moscou, sont formées, qu'elles contien-« nent très-peu de traces de productions marines et jamais des « amas entiers de ces corps, tels qu'une mer reposée pendant « des siècles de suite a pu les accumuler dans les bancs cal-« caires.

« Rien au contraire de plus abondant dans ces montagnes

« de grès stratifié sur l'ancien plan calcaire, que des troncs « d'arbres entiers et des fragments de bois pétrifié, souvent « minéralisé par le cuivre ou le fer, des impressions de troncs « de palmiers, de tiges de plantes, de roseaux et de quelques « fruits étrangers, enfin, des ossements d'animaux terrestres, « si rares dans les couches calcaires. »

Or, si les *roches secondaires* ou les *montagnes secondaires* de l'Oural, car pour les géologues de cette époque tout pays ou tout terrain était *montagne*, sont aujourd'hui pour nous des terrains de transition, les *montagnes tertiaires* de Pallas en font encore partie, car ce n'est rien autre, au moins pour la plupart, que le *système permien* des observateurs actuels. On pourrait peut-être dire que jusqu'ici ce n'est qu'une question de mots; mais ce qui prouve que les idées stratigraphiques ou de superposition étaient bien peu dans l'esprit de Pallas, et celle de la succession des faunes encore moins, c'est qu'il confond, avec ces dépôts anciens, rouges, sableux, des gouvernements de Permie et d'Orenbourg, les dépôts quaternaires à ossements de grands pachydermes. « Dans ces mêmes dépôts « sablonneux et souvent limoneux, dit-il, gisent les restes des « grands animaux de l'Inde, ces ossements d'Éléphants, de Rhi- « nocéros, de Buffles monstrueux, dont on déterre tous les « jours un si grand nombre et qui font l'admiration des cu- « rieux. En Sibérie, où l'on a découvert le long de presque « toutes les rivières ces restes d'animaux étrangers,... c'est « aussi la couche la plus moderne de limon sablonneux qui « leur sert de sépulture. »

On peut juger, par ces citations, de la valeur théorique des résultats qu'a obtenus Pallas de ses nombreux voyages de part et d'autre de l'Oural; ils sont certainement inférieurs à ceux de plusieurs de ses contemporains et même de ses prédécesseurs dans d'autres pays. Quant au rôle qu'il fait jouer ensuite aux volcans et aux eaux de la mer pour expliquer ces résultats, il est extrêmement exagéré pour les uns et les autres; mais on doit reconnaître que loin de suivre l'erreur de Buffon, qui élevait les eaux de la mer jusqu'au sommet des plus hautes mon-

tagnes actuelles, il préfère attribuer l'élévation de ces dernières à des commotions du globe, à l'action de décompositions souterraines, etc., et admettre que le niveau de l'Océan n'a jamais été à plus de 100 toises au-dessus de son niveau actuel.

Une opinion avancée par Tournefort, et dont les recherches les plus modernes ont augmenté la probabilité, a été adoptée par Pallas. Elle consiste à regarder les montagnes qui longent aujourd'hui le Bosphore comme étant réunies, formant une barrière continue et isolant de la Méditerranée au sud le grand bassin qui, au nord, recevait les eaux du Danube, du Dniester, du Dniéper, du Don et du Kouban. Ce bassin était occupé par un immense lac plus élevé que la Méditerranée. « La digue s'étant « rompue, dit-il, soit par l'action insensible des eaux, soit par « suite d'un tremblement de terre, les eaux du lac s'écoulèrent « dans la Méditerranée, prirent son niveau, et c'est à leur pre- « mière apparition au delà de la rupture qu'on pourrait attri- « buer les inondations ou déluges dont les traditions de la « Grèce ancienne ont transmis le souvenir. » La continuité ou la communication des trois bassins actuels de la mer Noire, de la Caspienne et de l'Aral, soupçonnée aussi par Tournefort, est également admise par le savant voyageur russe.

Crimée. Quelques années après, dans son *Tableau physique et topographique de la Tauride* (1), Pallas a été plus heureux au point de vue géologique que dans ses travaux précédents. Il est vrai que les caractères stratigraphiques de ce pays sont si faciles à saisir, qu'il a pu aisément y distinguer les systèmes de couches de son *premier ordre de montagnes*, qui correspond pour nous à la période jurassique, son *second ordre*, qui comprend les dépôts crétacés et tertiaires inférieurs actuels, et, en troisième lieu, des *couches de dépôts postérieurs* à ces deux épo-

(1) In-4. Saint-Pétersbourg, 1796. — Éd. de Paris, in-8, 1799 (an VII). — Éd. allem. Leipzig, 1806. — Voy. aussi Harlizl, *Description physique de la contrée de la Tauride*, relativement aux trois règnes, in-8. Berne, la Haye, 1788. — Éd. allem., in-8. Osnabrück, 1789. — Lehmann, *Description minéralogique des environs de Sterarussa et les bords du lac Ilmen*. (*Magaz. de Hambourg*, art. 55, p. 72.)

ques et qui représentent le calcaire aralo-caspien ou des steppes. Ses remarques sur les fossiles de ces derniers sédiments, comparés à ceux des précédents, sont d'ailleurs fort justes.

Macquart, Georgi, Fischer de Waldheim.

Quelques années après, un Français qui avait séjourné assez longtemps en Russie alla beaucoup plus loin que Pallas sur la constitution géologique du sol des environs de Moscou. Ainsi Macquart (1) avait observé que le sol de la ville avait été envahi par la mer, et que les débris de corps organisés qu'on y trouvait appartenaient à trois couches de nature différente : le calcaire, la roche noire de Koroshovo et un sable désagrégé. Ces trois divisions correspondent au calcaire carbonifère, aux couches jurassiques et aux dépôts quaternaires. Il remarqua aussi que les fossiles des deux premières roches se retrouvaient dans la troisième. Parmi les espèces que l'auteur a figurées on peut reconnaître les *Ammonites virgatus*, *valdaicus* et la *Terebratula acuta*.

On doit à J. G. Georgi (2) une description géographique, physique et d'histoire naturelle de l'empire russe, à Ferber des observations sur la géographie physique de la Courlande (3), à Patrin (4) *La relation de son voyage aux monts d'Altaïce, en Sibérie*, où se trouvent quelques renseignements pétrographiques, et à Fischer de Waldheim (5) plusieurs mémoires sur les fossiles de la Russie, mémoires par lesquels il préludait, dès le commencement de ce siècle, aux nombreux travaux qu'il a publiés par la suite.

Strangways.

Enfin, en 1819, un Anglais, W. T. Fox Strangways, a donné

(1) *Essai ou Recueil de Mémoires sur plusieurs points de minéralogie, avec la description des pièces déposées chez le roi, la figure et l'analyse chimique de celles qui sont intéressantes et la topographie de Moscou*, avec 7 pl. Paris, 1785-89. — La topographie fut publiée à Francfort-sur-le-Main en 1790.

(2) *Geograph.-physical. u. naturhistor. Beschreibung des Russ. Reichs.*, in-8. Kœnigsberg, 1797-1801. — Nachträge, 1802.

(3) *Anmerkungen z. physic. Erdb. v. Kurland*, in-8. Riga, 1784.

(4) Broch. in-8. Saint-Pétersbourg, 1783.

(5) *Mém. Soc. I. des natur. de Moscou*, vol. VII-IX. — *Notice sur les fossiles du gouvernement de Moscou*, 1809, etc.

une esquisse géologique des environs de Saint-Pétersbourg (1), dans laquelle il distinguait de bas en haut : les roches primitives, les argiles bleues, des couches intermédiaires, le calcaire *pleta*, le diluvium et des alluvions plus récentes. Dans ce premier travail, accompagné d'une carte, l'auteur décrit successivement le granite, le gneiss, des roches de grenat, des calcaires-marbres, des schistes, des argiles et des schistes calcarifères. Dans un second mémoire (2), le même savant étend le champ de ses considérations à la plus grande partie de la Russie d'Europe, dont il donne un essai de carte géologique générale ; les divers terrains y sont représentés par 21 teintes différentes, et, si l'on tient compte des difficultés de diverses sortes qu'un étranger comme M. Strangways a dû rencontrer dans l'accomplissement de sa tâche, on devra en regarder les résultats comme très-dignes d'intérêt et ayant ouvert la voie à tout ce qui a été exécuté depuis dans la même direction.

§ 8. Observations générales.

C'est ici le lieu de rappeler que vers 1764 un naturaliste français avait appliqué à la Pologne ses idées nouvelles et fort justes, quoique encore incomplètes, que plus tard un autre Français reconnut le premier, comme on vient de le dire, de véritables divisions géologiques et paléontologiques autour de Moscou, en même temps qu'un de ses compatriotes visitait l'Altaï, et que, de 1818 à 1820, deux géologues partis des bords de la Seine appliquèrent à l'Autriche et à la Hongrie les connaissances de leur temps. De même nous voyons un voyageur

(1) *Geological Sketch of the environs of Petersburg.* (*Transact. geol. Soc. of London*, 1re sér., vol. V, p. 392; 1821, avec carte. — Mém. lu en 1819.)

(2) *Outline of the geology of Russia*, accompagné d'une carte géologique. (*Ibid.*, 2e sér., vol. I, p. 1 et pl. II, 1822.)

anglais tracer les premières cartes géologiques de la Russie, et 20 ans après, en 1840, c'est encore un géologue de cette nation et un géologue français qui, réunissant leurs efforts, vont porter jusqu'au delà de l'Oural et de Pétersbourg, puis jusque dans l'ancienne Tauride, le flambeau de la science moderne. D'autres naturalistes français concentrent aussi dans le même temps leurs études sur le midi de la Russie; un naturaliste suisse, après avoir observé la Pologne méridionale, consacre plusieurs années à débrouiller l'immense chaos de l'Arménie et du Caucase, et c'est encore un de nos compatriotes qui, dans le bassin circonscrit de la Bohême, élève depuis 25 ans un monument impérissable à la paléontologie stratigraphique des terrains anciens. Ces quelques exemples, choisis parmi beaucoup d'autres, suffisent pour montrer que, pour l'orient de l'Europe, les lumières de la science, depuis longtemps, lui viennent de l'extrême occident.

D'un autre côté, on doit faire remarquer que, malgré les nombreux travaux de lithologie descriptive que nous avons énumérés, malgré les iconographies de fossiles provenant des pays compris entre les Alpes et la Suède, le Rhin et le Volga, et qui ont fait connaître une multitude de formes organiques, on ne peut pas dire que toutes ces recherches locales aient encore placé, en Allemagne, à l'époque où nous sommes arrivés, c'est-à-dire au commencement de ce siècle, la théorie de la terre dans une voie définitivement arrêtée. Lehmann, Fuchsel et Werner, qui n'avaient point fait de grands voyages comme Pallas, de Saussure, de Luc, etc., avaient plus que ces derniers le sentiment de la vraie méthode d'observation en géologie, et cependant on entrevoyait qu'il manquait encore quelque chose à l'application qu'ils en faisaient. L'illustre professeur de Freyberg, par un enseignement solide, raisonné et profond, imprima autour de lui une vive et salutaire impulsion; il était dans le vrai à beaucoup d'égards, mais s'il ne profita point, autant peut-être qu'il l'aurait pu faire, des travaux de ses devanciers, il eut de plus que ceux-ci le bonheur d'être continué par les hommes les plus éminents qui, en faisant ressortir Résumé.

toutes ses qualités, eurent le bon esprit de ne pas vouloir défendre ses erreurs.

En résumé, si l'Allemagne, tout en apportant à la paléontologie de nombreux et précieux matériaux, n'a point eu l'honneur de démontrer la corrélation de la distribution des formes organiques avec l'ancienneté des terrains, la direction que ce grand maître a donnée à la géologie positive et pratique, fort incertaine jusqu'à lui, est pour elle un mérite aussi bien fondé et qu'elle peut réclamer à juste titre.

CHAPITRE IV

ILES BRITANNIQUES

Jusqu'à présent nous n'avons pu exposer l'histoire de la science, dans les divers pays dont nous nous sommes occupé, que d'une manière assez irrégulière, décousue, et en nous conformant aux temps et aux lieux; nulle part nous n'avons aperçu de vues bien générales suivies par les auteurs qui se sont succédé. La marche de la partie positive de la science nous offrira, en Angleterre, un tableau différent ; elle nous frappera, en effet, par une certaine unité de direction dans les recherches, unité plutôt naturelle que systématique, et résultant, à ce qu'il semble, de la disposition particulière de son sol, si heureusement favorable à l'étude des terrains sédimentaires et qui l'avait prédestinée à devenir le berceau de cette partie de la science moderne.

§ 1. Ouvrages théoriques généraux.

Les physiciens et les naturalistes des Iles Britanniques ne sont pas restés en arrière de ceux du continent en ce qui regarde la théorie générale de la terre, et, quant à l'étude des corps organisés fossiles, nous verrons qu'ils ont atteint le but que l'Italie et l'Allemagne n'avaient fait qu'entrevoir. Nous ne dirons d'ailleurs que peu de mots des théories du globe pure-

ment physiques ou abstraites qui s'éloignent trop de notre sujet.

T. Burnet, E. Warren, J. Ray, etc.

Ainsi, nous nous bornerons à mentionner la *Théorie sacrée de la Terre* (1), publiée par T. Burnet, en 1684, système tout à fait imaginaire, exposé avec une certaine habileté, ne reposant sur aucune donnée positive, expérimentale, et qui donna lieu aux observations critiques d'Herbert (2), et en même temps à une ode d'Addison à la louange de l'auteur. Un livre de E. Warren (3) intitulé *Géologie, ou discours sur la Terre avant le déluge*, et dans lequel l'auteur faisait allusion à la Théorie de Burnet, provoqua une réponse de la part de ce dernier (4). J. Ray a donné trois discours de théologie physique, relatifs au chaos primitif et à la création du monde, au déluge général, à ses causes et à ses effets, à la dissolution du monde et à sa future conflagration (5). On lui doit encore d'avoir recherché si le déluge universel a été la cause des pierres figurées (6), ainsi qu'à T. Robinson des observations sur l'histoire naturelle du monde organique (7).

W. Whiston.

Le système de W. Whiston (8), qui est à la fois un développement et un commentaire du texte de la *Genèse*, ne nous en apprend guère davantage. Il attribue au déluge universel toutes les altérations et tous les changements survenus à la surface de la terre ainsi qu'à l'intérieur, et adopte entièrement

(1) *Telluris theoria sacra, orbis nostri originem et mutationem generalem, quam aut jam subiit aut olim subiturus est complectens*, in-4. Londres, 1681. — Éd. angl., 1684.

(2) *Some observations*, etc., in-8. Londres, 1685.

(3) *Geologia*, etc., in-4. Londres, 1690. — *Acta erudit.*, p. 97; 1690.

(4) *An answer to the objections*, etc. Londres, 1790. — *Acta erud.*, 1691, p. 329.

(5) *Three physico-theological discourses*, etc., in-8. Londres, 1693. Éd. alt., 1697, 1713, 1721 ; éd. all., 1698 et 1756.

(6) En allemand, in-8. Hambourg, 1698.

(7) *Observations on the natural history of this world of matter and the world of life*, in-8. Londres, 1696.

(8) *A new theory of the earth*, in-8. Londres, 1696; — 2e éd., 1708; — 4e, 1725. — *Acta erudit.*, p. 535, 1697,

l'hypothèse de Woodward, dont nous parlerons tout à l'heure. La lecture de ces sortes d'ouvrages fait toujours regretter que des hommes d'un mérite réel à tant d'égards aient ainsi consacré leur temps à des œuvres sans utilité, ce dont il faut d'ailleurs accuser leur époque plutôt que de leur en faire un reproche personnel.

R. Hook (1), dans son traité posthume des mouvements de la terre, explique les inégalités de sa surface par des tremblements de terre, par l'affaissement des cavernes et l'action des feux souterrains. R. Hook.

Vers le milieu du XVIIIe siècle, la structure et l'origine des montagnes ont été exposées et expliquées d'une manière très-remarquable par J. T. Needham (2), qui, né à Londres en 1713, séjourna longtemps dans les Pays-Bas, et y publia même une partie de ses ouvrages. Les montagnes sont, dit-il, composées de couches concentriques, d'égale épaisseur de bas en haut, visiblement soulevées et rompues après qu'elles eurent acquis une certaine résistance, depuis l'état presque fluide où elles se sont nécessairement trouvées à leur formation et, comme le prouvent les coquilles et les empreintes de poissons et de plantes distribuées régulièrement dans toute leur étendue. L'égale épaisseur qu'elles conservent sur toute la pente d'une montagne est encore une preuve qu'elles ont été formées horizontalement avant leur soulèvement. Aucune autre théorie, même la plus plausible, telle que celle de M. de Buffon, ne peut donner, continue-t-il, une raison physique de ces phénomènes, si ce n'est celle d'une force expansive agissant doucement après le dépôt régulier des couches dont les montagnes sont composées. Un courant, ou un phénomène atmosphérique quel qu'il soit, ne peut jamais dis- Needham.

(1) *Tractatus de terræmotibus*. Londres, 1705. (Dans ses Œuvres posthumes.)

(2) *Nouvelles recherches physiques et métaphysiques sur la nature et la religion, avec une théorie nouvelle de la terre et une mesure de la hauteur des Alpes;* — 2e partie, *Nouvelles recherches sur les découvertes microscopiques et la génération des corps organisés*. Traduit de l'italien par l'abbé Regley, in-8. Londres, Paris, 1769.

tribuer et fixer également sur une pente des coquilles et d'autres substances légères, encore moins élever une montagne dont les couches concentriques, d'abord molles, se trouvent partout également épaisses (p. 140). Les plus grandes élévations de la terre ne constituent qu'une très-petite partie du total des gonflements superficiels que nous appelons des continents, et leur valeur est très-faible en comparaison de la masse totale. Toutes les montagnes considérables qui font partie des grandes chaînes portent visiblement l'empreinte du feu souterrain d'où elles tirent leur origine. Needham admet donc une force interne produite par le feu central de Buffon, modifiée par la gravitation, pour pousser en dehors les principales chaînes. Comme L. Moro, il exagère beaucoup l'effet des volcans, et comme il fallait toujours, dans ces sortes de questions, revenir à la Bible, l'auteur fait voir (p. 134, *nota*), que les *jours* de la *Genèse* ne doivent pas être pris pour des jours de 24 heures, mais doivent être regardés comme des *périodes* d'une très-longue durée. Cette interprétation, que nous avons vu de Luc donner depuis (*antè*, p. 102) comme étant de lui et que nous verrons être bien plus ancienne, a encore été reproduite de nos jours comme nouvelle.

Hutton. Malgré la supériorité, à certains égards, de la théorie de Hutton (1) sur les précédentes, on ne peut pas dire qu'elle ait eu une influence bien prononcée sur la partie de la science qui nous occupe. L'auteur a parfaitement reconnu et admis la succession des principaux phénomènes qui ont amené la surface de la terre à son état actuel, l'existence des anciens animaux et des végétaux enfouis dans les lits successifs de la mer, la consolidation des dépôts et leur élévation ultérieure au-dessus des eaux jusqu'aux altitudes où nous les observons aujourd'hui. Ces

(1) *Transact. r. Soc. of Edinburgh*, vol. I, 1788. — Le mémoire *Sur la durée de la terre* avait été lu à cette Société en 1785. Il fut traduit par Iberti et inséré dans le vol. XLIII du *Journal de Physique* (1793). Le traducteur, disciple de la Métherie, opposa au savant écossais le système de cristallisation de son maître. — *Theory of the earth with proofs and illustrations*, 2 vol. in-8 en 4 parties. Édimbourg, 1795.

résultats sont attribués à la chaleur interne du globe et à l'expansion qu'elle a occasionnée en même temps que la rupture des couches, leurs inclinaisons, leur redressement et tous les phénomènes qui dénotent une action physique plus ou moins énergique. Ces idées n'ont, comme on le voit, rien d'absolument original, et ne sont que la reproduction, avec des développements, de celles de Needham, de L. Moro et de beaucoup d'autres.

Pour Hutton, toutes ou presque toutes les couches calcaires renferment des débris d'animaux marins, et toute couche calcaire horizontale doit avoir été déposée au fond de la mer.

Dans la troisième partie de son ouvrage, il établit que l'action des feux souterrains n'a pas dû produire d'éruptions analogues aux volcans modernes, mais que son effet a dû être de soulever les couches au-dessus du niveau de la mer. « Si cette théorie est « juste, ajoute-t-il, on doit s'attendre à trouver des matières « fondues ou fusibles, sous forme de laves, parmi des couches « où il n'y a aucune marque visible de volcans. C'est un fait « important, car s'il se trouve que des quantités considérables « de matières analogues aux laves ont été comme injectées « parmi les couches originairement formées au fond des eaux, « et maintenant au-dessus de leur surface, il en résultera que « nous avons découvert l'opération secrète par laquelle la na- « ture travaille et durcit de nouveaux continents et la manière « dont elle a préparé celui que nous habitons. »

Il y a beaucoup de vrai dans ce passage; l'injection des roches ignées à travers les roches sédimentaires, et leur influence sur les modifications de ces dernières, qui est le principe des effets du métamorphisme de contact, sont très-réels; mais il ne faut pas perdre de vue que Hutton attribuait l'endurcissement et la consolidation de tous les dépôts sédimentaires indistinctement à cette même chaleur centrale.

Ses disciples reçurent le nom de *vulcaniens* ou *vulcanistes*, de *plutoniens* ou *plutonistes*, par opposition à ceux de Werner, appelés *neptuniens* ou *neptunistes*. Parmi les plus distingués Playfair.

nous signalerons Playfair, qui a donné, en 1802, une *Explication* de la théorie de son maître, travail remarquable à beaucoup d'égards, et sur lequel nous nous arrêterons un instant (1).

Il rappelle d'abord que, suivant Hutton, « tous les strates de « la terre, non-seulement ceux qui sont composés de chaux, « mais encore tous ceux qui recouvrent les premiers, ont tiré « leur origine de la mer, par la réunion du sable, du gravier, « des coquilles, des coraux, des crustacés, des terres et des « glaises mélangés ou séparés et accumulés. Telle est la con- « clusion générale qu'autorisent les apparences de la nature « et qui est de la plus haute importance dans l'histoire natu- « relle de la terre. »

Plus loin, après avoir cité les coquilles fossiles trouvées en place dans la roche par D. Ulloa, près de la mine de mercure de Guanca-Velica au Pérou, à 2222 toises d'altitude, Playfair se demande (p. 106) si ce changement de niveau relatif de la terre et de l'eau doit être attribué à l'abaissement de la mer ou bien à l'élévation des strates eux-mêmes, et il se prononce pour cette dernière supposition. Les raisons qu'il en donne sont les plus plausibles, et il cite à l'appui le passage de de Saussure, relatif aux poudingues de Valorsine, puis il ajoute (p. 115) : « Rien de « mieux fondé que ce raisonnement; et, si son ingénieux auteur « l'avait poursuivi plus systématiquement, il l'aurait conduit à « une théorie des montagnes très-peu différente de celle que « nous cherchons maintenant à expliquer. » Car s'il est prouvé que quelques lits, aujourd'hui verticaux, ont été formés horizontalement, il n'y a pas de raison pour ne pas adopter la même conclusion pour tous.

Quant au résumé le plus succinct et le plus explicite des idées de Hutton, son élève s'exprime ainsi (p. 8 et 391) : « Hutton, « dit-il, attribue aux phénomènes de géologie un ordre sem-

(1) *Explications sur la théorie de la terre*, par Hutton, in-8. Édimbourg, 1802. Traduct. française par C. Basset, avec un *Examen comparatif du système géologique fondé sur l'eau et sur le feu*, par M. Murray, en réponse à l'explication précédente, in-8. Paris, 1815.

« blable à celui qui existe dans les opérations de la nature qui « nous sont les plus familières; il produit les mers et les conti- « nents, non par accident, mais par l'action de causes régulières « et uniformes. Il fait servir la destruction d'une partie au réta- « blissement d'une autre, et il donne de la stabilité au tout, « non en perpétuant les individus, mais en les reproduisant par « succession. » C'est, en effet, la manière la plus large, la plus simple et la plus conforme aux faits généraux alors connus, et que les découvertes ultérieures sont venues confirmer.

L'incandescence de l'intérieur du globe et son refroidissement graduel, quoique aujourd'hui excessivement lent, donnant lieu, par l'expansion des gaz et des matières fluides, au déplacement, au soulèvement et à l'inclinaison des roches stratifiées, complète un système parfaitement ordonné dans ses diverses parties, parce que les éléments et les forces qui agissent fonctionnent dans leurs attributions propres, suivant leurs véritables propriétés, simultanément, dans les limites de leur pouvoir. Ce système est donc préférable à celui de Werner, en ce qu'il est moins exclusif, fait la part plus juste entre les divers agents qui concourent au résultat commun, et il doit être, par conséquent, plus près de la vérité.

§ 2. Travaux descriptifs.

Si nous passons actuellement aux travaux plus particulièrement descriptifs, soit stratigraphiques, soit paléontologiques, nous signalerons d'abord les recherches de George Owen, né dans le Pembrockshire, et qui, vers la fin du XVIe siècle, avait écrit, sur la topographie de ce pays, un mémoire qui ne fut publié que longtemps après, dans le deuxième volume du *Cambrian register*. L'auteur y trace, avec beaucoup d'exactitude, la direction et l'étendue des couches de houille, celles de calcaire qui les accompagnent dans toute la portion sud du pays de Galles, et il fait voir leurs relations avec les parties du Gloucestershire et du

XVIe siècle.

Somersetshire qui l'avoisinent. C'est probablement le premier essai qui ait été tenté pour établir ce principe, que les mêmes séries de couches se succèdent dans un même ordre, régulièrement sur de grandes surfaces, de manière à dévoiler leur constitution géologique. Ce travail, resté ignoré pendant bien des années, est encore un de ces exemples de l'anticipation des découvertes, qui ne sont appréciées que longtemps après leur apparition, et qu'on rencontre à chaque pas dans l'histoire des sciences. Elles ne contribuent point à leur avancement, faute d'avoir été comprises, et c'est ce que nous avions déjà vu en Italie et en Allemagne.

XVIIe siècle. T. Lawrence (1) a fait connaître quelques coquilles du Norfolk provenant probablement du crag supérieur; Merret (2) a donné un recueil des objets d'histoire naturelle de l'Angleterre; Childrey (3), un ouvrage à peu près du même genre et dans le même temps; J. Beaumont (4) a publié deux lettres sur diverses pétrifications du Somersetshire, et Plott, son histoire naturelle de l'Oxfordshire (5), où l'on trouve encore aujourd'hui d'utiles indications.

Martin Lister (6) paraît avoir eu l'idée de la construction de cartes géologiques régulières, ce qui indiquerait qu'il comprenait déjà, comme G. Owen, la disposition symétrique des couches sédimentaires sur de grandes étendues de pays. Son projet n'a point été mis à exécution, mais il trace la marche qu'il aurait suivie en parlant des divisions qu'il se proposait d'adopter pour le Yorkshire, et une carte coloriée d'après ses données aurait déjà représenté d'une manière satisfaisante la composition

(1) *Mercurius centralis or a Discourse of subterraneal cockle, muscle*, etc., in-12. Londres, 1664.

(2) *Pinax rerum natur. Britannic.*, in-4. Londres, 1667-77, 1704.

(3) *Histoire des singularités naturelles de l'Angleterre et de l'Écosse*, etc., in-12. Paris, 1667.

(4) *Two letters concerning rock-plants*, etc.—*Philos. transact.*, vol. II, n° 129, p. 724, 1676. — *Ib.*, vol. XIII, p. 150.

(5) *Natur. hist. of Oxfordshire*, in-f°, 1686.

(6) *Historiæ anim. Angliæ tractatus*, in-4. Londres, 1678.

géologique de ce pays. Lister connaissait aussi la continuation de la craie d'Angleterre au delà du détroit, sur les côtes de France, et l'on peut présumer, d'après diverses notes, qu'il admettait, au moins dans certains cas, la distinction des couches par la différence de leurs fossiles.

Il a donné la première figure d'une coquille du genre *Productus*, qui a joué un si grand rôle parmi les brachiopodes de la période carbonifère : c'est le *P. giganteus* (1); il a décrit des Glossopètres ou dents de Squales (2), des baguettes d'échinides, appelées alors *dactyli Idæi* et *lapides judaici* ou *Judæi* (3), des plantes fossiles (4) et des Astéries (5).

Dans son Essai d'une histoire naturelle de la terre et des corps qu'elle renferme, J. Woodward (6) a reconnu la véritable origine des fossiles qui devaient se trouver au fond de la mer lorsqu'au moment du déluge les abîmes s'entr'ouvrirent tout à coup. Ces débris organiques furent enfouis dans des dépôts qui se consolidèrent ensuite. Le sol de l'Angleterre est, dit-il, composé de couches horizontales superposées et formées sous les eaux. Mais il ajoute que les matières sédimentaires sont arrangées suivant leur pesanteur spécifique, les supposant toutes en dissolution en même temps dans le même liquide. L'examen attentif qu'a fait Woodward des caractères des fossiles et de leur arrangement dans les strates prouve que c'était un observateur beaucoup plus judicieux que la plupart de ses contemporains.

L'ouvrage le plus remarquable de ce temps-là et qui vient clore la liste des publications du XVIIe siècle est celui d'Édouard E. Lhwyd.

(1) *Historia seu synopsis methodica conchyliorum*, in-f°, 1685-1688.
(2) *Philos. transact.*, vol. V, p. 223.
(3) *Ibid.*, vol. IX, p. 224.
(4) *Ibid.*, vol. VIII, p. 6181, 6191, n° 100.
(5) *Ibid.*, n° 112, vol. X, p. 274.
(6) *An essay towards a natural history*, etc., in-8. Londres, 1695. — 2° et 3° éd., 1702, 1723. — Éd. lat. de Scheuchzer. Zurich, 1704. Éd. allem., 1744. — *An attempt towards a natural history of the fossils of England*, in-8, 2 vol. Londres, 1729. — *Acta erudit.*, p. 348, 1730.

Lhwyd ou Luidius, intitulé *Lithophylacii britannici ichnographia* (1), ou distribution classique des pierres fossiles de l'Angleterre et d'autres pays, remarquables par leur forme particulière, recueillies par lui ou par ses amis. Ce livre se distingue par son esprit essentiellement linnéen, par la précision et l'exactitude des descriptions comme par la simplicité de la méthode. C'est une énumération systématique de 1600 fossiles, animaux et végétaux, et de quelques substances minérales. Les localités d'où ils proviennent sont partout indiquées avec soin et d'une manière aussi scrupuleuse que nous pourrions le faire actuellement. On n'y trouve point ces digressions verbeuses dont les écrivains allemands de ce temps-là étaient si prodigues, et l'on conçoit que le livre de Lhwyd ait paru sous d'illustres patronages, tels que ceux de Newton, de Lister, du grand chancelier d'Angleterre, du comte de Dorset, etc. On remarque parmi ses souscripteurs, ce qui devait être bien rare alors, le nom d'un savant français, de Geoffroy (2).

C'est Lhwyd qui proposa le nom de *Terebratula* pour des coquilles symétriques à valves inégales et dont le crochet de la grande valve est perforé. On sait que ce nom est synonyme de celui d'*Anomya*, que nous avons vu adopté par F. Colonna et qui prévalut jusqu'en 1801, où Bruguière reprit la dénomination de l'auteur anglais en en séparant les Anomies actuelles.

Lhwyd désigna sous le nom d'*alvéole* le cône cloisonné intérieur des Bélemnites, et sous celui de *Trinucleus* un trilobite qui, dans ces derniers temps, est devenu le type de tout un genre de cette famille. Il a décrit des crinoïdes (*Encrino Lachmundi*), des poissons, des vertèbres de reptiles (*Ichthyospondylus*), etc.,

(1) In-8, 23 pl. Londres, 1699. — Leipzig, 1699. — *Acta erudit.*, 1699, p. 333. — *Editio alt.* Oxford, 1760, avec 25 pl.

(2) Nous ne savons pas précisément lequel des deux frères de ce nom, qui furent tous deux chimistes et de l'Académie des sciences, est ici désigné; l'aîné était professeur au Jardin des Plantes et au Collége de France. On ne peut pas supposer que ce fut le fils de ce dernier, l'auteur du *Traité des coquilles des environs de Paris*, qui est né seulement en 1725.

et a publié plusieurs lettres sur des sujets particuliers (1). On regrette qu'un esprit aussi distingué et naturellement juste se soit laissé influencer par les opinions de son temps au point d'admettre les idées les plus étranges sur la nature et l'origine des corps fossiles qu'il attribuait à des êtres organisés, disséminés par les vents et les eaux, ayant pénétré dans l'intérieur de la terre pour y produire, sinon des êtres parfaits, au moins des ébauches assez avancées qui représentaient de véritables animaux. Au point de vue géologique, il semble néanmoins avoir eu l'idée de l'existence de fossiles particuliers en rapport avec la position des couches, car il a remarqué que les mêmes formes d'échinides se trouvaient à la fois dans la craie d'Angleterre et dans celle d'Irlande.

De la Pryme (2) a fait connaître des coquilles provenant des carrières de Broughton dans le Lincolnshire; S. Gray (3), celles de Reculver-cliff; Sloane (4), les ossements de grands animaux découverts en Angleterre, qui sont des restes d'Éléphant et de cétacés, et non ceux d'une race éteinte de géants comme on le croyait avant lui. Baker (5) a donné quelques détails sur les Ammonites, puis il a décrit des échinodermes (6) et des dents d'Éléphant trouvées dans le Norfolk (7). Packer (8) a signalé quelques circonstances particulières de fossilisation. M. Gilkes (9) a traité des pétrifications du Derbyshire; J. Hill (10), de l'histoire géné- XVIIIe siècle.

(1) Lettres à Lister, *Philos. transac.*, n° 243, p. 279. — *Id.*, sur les fossiles des environs d'Oxford. — *Ib.*, vol. XVII, p. 746, 1693. — *Id.*, sur les pierres figurées du pays de Galles. *ib.*, vol. XXI, p. 187.

(2) *Philos. transact.*, n° 266, p. 677.

(3) *Ibid.*, vol. XXII, n° 268, p. 762.

(4) *An account of Elephante teeth*, *ib.*, XXXV, n° 403, p. 457, 404, 497. — Mém. de l'Acad. r. des sciences pour 1727, p. 305.

(5) *Philos. transact.*, vol. XLVI, n° 491, p. 37.

(6) *Ibid.*, vol. XLIV, n° 482, p. 432.

(7) *Ibid.*, vol. XLIII, n° 475, p. 331. — *Hamb. Magaz.*, vol. I, p. 453.

(8) *Ibid.*, n° 19, p. 329.

(9) *Ibid.*, 1740, p. 352.

(10) *The History of fossils containing the history of metals and gems or fossils buried in the earth of deluge*, etc., in-f°. Londres, 1748. —

rale des fossiles; J. Parsons (1), des échinodermes pétrifiés, puis des fruits et autres corps fossiles de l'île de Sheppey (2), ainsi que Jacob (3), tandis que Pennant (4) a mentionné des Fungies et d'autres polypiers ; J. Brewer (5), les lits d'Huîtres des environs de Reading (Berks); S. Dale (6), les coquilles fossiles des falaises d'Harwich, et, plus anciennement, Hatley (7), les pétrifications de Hunton (Kent).

Géologues stratigraphes.

Quelques observateurs, purement stratigraphes, se sont fait connaître, dans la première moitié du XVIIIe siècle, par leurs travaux sur les couches secondaires que nous appelons aujourd'hui jurassiques et crétacées, dans le Somersetshire, le Bedfordshire et le Kent. Ce sont Holloway, Packe et Strachey, qui étaient certainement dans une voie de recherches plus exactes et plus rationnelles que la plupart de leurs contemporains du continent. Ainsi, l'existence des collines crayeuses et sableuses, en zones parallèles dans le Bedfordshire, est constatée par Holloway (8), et le même fait est encore mis plus en lumière par une bonne description de la triple rangée de collines de craie, de pierre de *Kentish rag* et d'argile traversant le comté de Kent, description donnée par Packe, auteur d'une carte chorographique de la partie orientale du même pays, publiée en 1730. Vers le même temps, Strachey, dans ses communications à la Société royale, décrivait le district houiller du Somersetshire. Il signalait la position inclinée des strates carbonifères et celle au contraire horizontale des dépôts rouges et du lias qui les recouvrent. Ses coupes font voir qu'il comprenait

Voy. aussi : J. Williams, *Hist. nat. du règne minér. de la Grande-Bretagne.*

(1) *Philos. transact.*, vol. XLIX, p. 155.

(2) *Philos. transact.*, vol. L, p. 396, 1757. — *An account of the impressions of plants of coals*, p. Mendes da Costa, *ib.*, p. 228.

(3) *Plantæ* in *Hortus Favershamiensis*, in-12. Londres, 1777.

(4) *Philos. transact.*, vol. XLIX, p. 513.

(5) *Ibid.*, vol. XXII, p. 484,

(6) *Ibid.*, vol. XIV, n° 291, p. 1568.

(7) *Ibid.*, vol. XIV, p. 463. — *Acta erudit.*, p. 371, 1685.

(8) *Ibid.*, 1723.

très-bien la succession régulière des strates de ce pays, depuis la craie, les calcaires oolithiques, le lias, les couches rouges, le terrain houiller, le calcaire métallifère des Mendip-Hills, etc., mais l'explication qu'il en donne était peu propre à généraliser les faits. De son côté, Ch. Leigh avait dès 1700 publié à Oxford un mémoire sur le Cheshire, le Lancashire et une partie du Derbyshire. Dans le chapitre VI du livre I, il traite des pétrifications, qu'il prend pour des jeux de la nature.

En 1760, le révérend J. Michell publia un travail sur la cause et les phénomènes des tremblements de terre, et il se prononça, d'une manière plus formelle que ses prédécesseurs, sur la succession régulière des masses. Il observa que, dans la structure de la terre, on trouve toujours des zones de diverses masses minérales qui se suivent parallèlement pour s'élever vers les crêtes des principales chaînes de montagnes, proposition qu'il déduisit de la considération de celles du nord et du sud de l'Amérique, aussi bien que de celles de l'Angleterre. Dans ce dernier pays il étudia la direction générale des couches et celle des chaînes qu'elles constituent, courant du N.-E. au S.-O.; il remarqua, comme Lister, la continuité des collines de craie qui s'étendent de chaque côté du détroit, et il ajouta qu'il serait aisé de démontrer la succession normale des couches de toute l'Angleterre, comme il l'a d'ailleurs prouvé en publiant, en 1788, la série des terrains de ce pays, depuis la craie jusqu'au terrain houiller. C'était quelque chose certainement de plus complet que ce que Werner donnait dans le même temps pour l'Allemagne centrale et de tout à fait comparable aux résultats de Lehmann et de Fuchsel. Quant aux idées générales, elles étaient aussi plus précises et plus avancées que ce que l'on avait dit jusque-là sur le continent.

Whitehurst, en 1778, dans ses recherches sur la formation de la terre, insiste également sur la succession des couches, et la confirme par une relation exacte et complète de la structure géologique du Derbyshire. De la ressemblance des roches appelées *toadstones* avec la lave des volcans, de leur position et de leurs effets, il a conclu qu'elles devaient avoir surgi de l'inté-

rieur et avoir été injectées violemment à travers les couches supérieures qu'elles ont dérangées. Il a peu laissé à faire à ceux qui sont venus après lui, relativement au calcaire carbonifère et au terrain houiller de ce pays. Malheureusement des idées cosmogoniques, au moins inutiles, viennent gâter ce travail, d'un mérite réel à tout autre égard, et qui fut continué par Kier pour le sud du Staffordshire, où ce dernier traite du calcaire, de la houille et des basaltes.

Paléontologistes iconographes. — Invertébrés.

La publication des fossiles du Hampshire, que firent Brander et Solander (1) en 1766, comprend ceux des argiles tertiaires marines des falaises de Barton. Cette localité est bien décrite par les auteurs qui rejettent les idées de Woodward, suivant lesquelles ces dépôts auraient été produits par le déluge. Les coquilles fossiles, disent-ils, se rencontrent partout, aussi bien sur les montagnes que dans les plaines, toujours en immense quantité, et beaucoup d'entre elles n'ont plus leurs analogues que sous les tropiques. Presque tous les végétaux, les Crocodiles, les poissons, les Éléphants sont dans le même cas. Les Ammonites, les Bélemnites, etc., actuellement inconnues, vivent peut-être encore à de très-grandes profondeurs, dans des régions inexplorées, mais parmi les fossiles figurés un très-petit nombre sont connus à l'état vivant dans les mers Britanniques ou même sur les côtes d'Europe, et le plus grand nombre, au contraire, serait tout à fait différent des animaux observés dans la faune actuelle.

Barrington (2) s'est également occupé d'un fossile trouvé près de Christ-Church, et Walcoll (3) a donné des descriptions avec figures des pétrifications recueillies aux environs de Bath.

(1) *Fossilia Hantoniensia collecta et in museo Britannico deposita à G. Brander*, in-4, 9 pl. Londres, 1766. — Brander a publié seul une dissertation sur les Bélemnites (*Philos. transact.*, vol. XLVIII, p. 803).

(2) *Philos. transact.*, vol. LXIII, p. 171, 1773.

(3) *Descript. and Figures*, etc., in-8 avec 16 pl. Bath, 1779. — Voyez aussi : *Lettre sur les endroits d'Angleterre où l'on trouve le plus de fossiles* (Hordwel, Solbury, environs de Bristol, Ipswich, île Sheppey, Farringdon, Reading, etc.). (*Mélanges d'hist. natur.* d'Alléon Dulac, vol. I, p. 317, 1765.)

En 1785, Ant. de Luc (1) décrivait un crinoïde du calcaire de Dudley, sous le nom de *Palmier marin*.

En 1794 parut le premier numéro de l'ouvrage de W. Martin sur les pétrifications du calcaire carbonifère du Derbyshire (2).

Cet ouvrage, terminé seulement en 1809, est, avec celui de Solander et Brander, dont nous venons de parler, ce que les paléontologistes iconographes d'Angleterre avaient jusqu'alors exécuté de plus utile et de plus important, par l'exactitude et le nombre des objets figurés. Ici l'auteur se sert encore du mot d'*Anomia* pour désigner toutes les coquilles de brachiopodes.

Au commencement de ce siècle nous voyons J. Parkinson publier un travail beaucoup plus considérable et plus général que les précédents, intitulé : *Débris organiques de l'ancien monde*, contenant l'examen complet des végétaux et des animaux du monde antédiluvien (3), et accompagné de 50 planches coloriées, d'une bonne exécution. Le premier volume est consacré d'abord à une histoire de la science qui, sans être aussi complète que celle de Walch, est mieux coordonnée et prouve des connaissances fort étendues sur les auteurs anciens; puis il traite des bois pétrifiés, des forêts sous-marines, dont il cite de nombreux exemples, de la tourbe, de sa production et de son emploi, ainsi que de l'ambre. Le second volume comprend les spongiaires, les polypiers et les crinoïdes; le troisième, les Astéries, les crinoïdes, les échinides, les mollusques, les crustacés, les poissons, les amphibies et les mammifères.

On doit, en outre, à Parkinson des observations sur la craie blanche et les couches tertiaires des environs de Londres (4), observations dans lesquelles les fossiles sont distribués avec

(1) *Journ. de Phys.*, vol. XXVI, p. 113, 1785.

(2) *Petrefacta Derbiensia, or Figures and descriptions of petrifications collected in Derbyshire*, in-4 avec 52 pl. Wigan, 1809. — *Account of some species of fossils Anomiæ found in Derbysh.* (*Transact. Linn. Soc.*, vol. IV, p. 14.)

(3) *Organic remains of a former world*, etc., 3 vol. in-4 avec 50 pl. Londres, 1808-1811.

(4) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. I, p. 324, 1811.

soin dans les couches d'où ils proviennent. Il a aussi donné des remarques sur les Hippurites de la Sicile (1) et établi que les dépôts marins du crag, du Suffolk, reposaient directement sur l'argile de Londres. Il a bien constaté que leurs fossiles différaient de ceux de l'argile bleue, que plusieurs d'entre eux étaient inconnus, tandis que d'autres étaient identiques avec des espèces qui vivent encore sur les côtes d'Angleterre.

Dix ans après, J. Miller a donné un excellent livre sur l'histoire naturelle des crinoïdes ou animaux en formes de lis, avec des observations sur les genres Astérie, Euryale, Comatule et Marsupite (2). Cet ouvrage, bien supérieur à ce qui avait été publié en Allemagne sur le même sujet, et entre autres à celui de Rosinus, a servi de base à toutes les études dirigées depuis sur cet embranchement des animaux rayonnés.

J. Laskey a publié un catalogue général du Musée Huntérien de Glasgow, dans lequel il a exposé brièvement l'histoire des diverses opinions sur les fossiles (3); Edw. King a décrit une pétrification trouvée sur la côte de l'East-Lothian (4), et J. Simon a mentionné les fossiles de Lough-Neagh (Irlande) (5). Une énumération des localités les plus riches en fossiles de l'Angleterre a aussi été publiée (6), et d'autres naturalistes, occupés de recherches plus locales, tels que Moreton, Borlase, Price, Calcott, ont encore apporté de précieux matériaux pour la géologie de leur pays. Stokeley essaya de réaliser le projet d'une carte géologique, déjà suggéré par Lister, mais Huchinson et son école d'écrivains physico-théologiques ne contribuèrent guère à l'avancement de la science.

Enfin, nous ne pouvons mieux terminer la liste des princi-

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 277, 1814.

(2) *A natural history of the crinoidea or Lilyshaped animals*, etc., in-4 avec 47 pl. Bristol, 1821. — Observations sur le genre *Actinocamax* (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. II, n° 6, 1814).

(3) *General account of the Hunterian museum*, in-8. Glasgow, 1813.

(4) *Philos. transact.*, p. 35, 1779.

(5) *Hamb. Magaz.*, vol. II, n° 38, p. 156.

(6) *Ibid.*, vol. XX, p. 129. — *Journ. économ. et littéraire*, vol. XX, p. 110.

paux travaux iconographiques auxquels ont donné lieu les fossiles d'Angleterre, au commencement de ce siècle, qu'en citant ici le *Mineral conchology* de la Grande-Bretagne (1), commencé en 1812 et continué pendant près de 20 ans. Il a été longtemps le recueil de ce genre le plus considérable qu'on ait entrepris, car il forme 6 volumes grand in-8 avec plus de 600 planches, et, si depuis d'autres l'ont dépassé par le nombre et l'importance du texte et des figures, il n'en restera pas moins un témoignage des plus honorables pour le zèle scientifique et les connaissances variées de l'auteur comme de ceux qui lui ont succédé. Les données géologiques relatives aux divers terrains d'où proviennent les fossiles sont exactes et en rapport avec l'état de la science stratigraphique, que Sowerby n'avait pas la prétention de diriger, et dont il acceptait les renseignements. Les descriptions d'espèces sont généralement suffisantes, suivant l'état des échantillons, et les figures coloriées, sans être d'une exécution remarquable, ont un caractère de ressemblance frappante lorsqu'on leur compare des échantillons pris dans les mêmes localités que ceux qui ont été représentés.

Animaux vertébrés. — Reptiles.

La classe des reptiles, qui n'avait encore offert que des restes peu remarquables dans les terrains d'Angleterre, s'enrichit, vers ce temps, de types fort extraordinaires, qui ouvrirent un nouveau champ d'études à la paléontologie et à la zoologie comparées. Plusieurs de ces types furent réunis ensuite sous le nom d'énaliosaures ou de Lézards marins, offrant des vertèbres semblables à celles des poissons, des dents qui les rapprochent des Crocodiles, un tronc analogue à celui des Lézards, et des pattes conformées comme celles des cétacés. On y établit d'abord deux genres : les Ichthyosaures et les Plésiosaures.

Ichthyosaure

Ce fut en 1814 que sir Evrard Home (2) publia quelques observations sur une tête bien conservée et des os trouvés dans le lias des environs de Lyme-Regis (Dorset). La position des narines,

(1) *The mineral conchology of Great Britain*, etc., 6 vol. in-8 avec 609 pl. Londres, 1812-1823.
(2) *Transact. philos.* 1814.

les pièces osseuses qui entourent la sclérotique, et la forme des vertèbres biconcaves, celles qu'avait déjà figurées Lhwyd sous le nom d'*Ichtyospondylus*, lui semblèrent devoir faire rapporter à des poissons ces débris, pour lesquels König, conservateur du musée de minéralogie, proposa le nom d'*Ichtyosaurus*.

En 1816 et 1818, de nouvelles pièces, provenant de la même localité, firent abandonner ce premier rapprochement, et, en 1819, un squelette entier, trouvé par de la Bèche et Birch, permit de constater que l'animal était pourvu de quatre membres. Les narines, dont on croyait avoir bien déterminé la place dans les premiers échantillons, s'étant trouvées complétement obstruées et méconnaissables dans celui-ci, on crut s'être trompé, et Evrard Home, par suite de certaines ressemblances des vertèbres avec celles des Protées et des Sirènes, imagina le nom de *Proteosaurus*, qu'il substitua au précédent.

En 1821, de la Bèche et Conybeare (1), ayant repris l'examen de ce reptile, montrèrent que l'anneau de pièces osseuses de la sclérotique était un caractère des Lézards et non des poissons; ils rétablirent, deux ans après, la véritable position des narines contiguës au lacrymal à la jonction des nasaux et des intermaxillaires; enfin ils firent voir les rapports et les différences de la tête avec celle des Lézards. Les caractères des dents leur servirent à distinguer quatre espèces d'Ichthyosaures : l'*I. communis*, la plus grande de toutes, dont les dents sont en couronne conique, peu aiguë, légèrement arquées et profondément striées; l'*I. platyodon*, dont les dents sont à couronne comprimée, avec des arêtes tranchantes; l'*I. tenuirostris*, à dents grêles et à museau long et mince, et l'*I. intermedius*, à dents plus aiguës et moins profondémentstriées que celles de l'*I. communis*.

La grandeur de l'œil et le cercle de pièces osseuses qui renforce la sclérotique sont ce qui frappe au premier abord dans la tête de ces reptiles, et le second de ces caractères ne se re-

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, 1re série, p. 559, 5 pl. — vol. I, 2e sér., p. 108.

trouve aujourd'hui, comme on sait, que chez les oiseaux, les tortues et les Lézards.

Par leurs vertèbres, les Ichthyosaures se rapprocheraient des poissons et des cétacés; elles sont toutes biconcaves, semblables à des dames à jouer. Le sternum, l'épaule et les nageoires antérieures, en forme de palette, rappellent les Salamandres et les Dauphins. Ces dernières sont composées de 5 ou 6 rangées d'osselets, comparables aux phalanges des Dauphins, mais aplatis et beaucoup plus nombreux, puisqu'on en compte jusqu'à 20 et davantage dans chaque rangée. Leur disposition en série et leur forme en pavé et sub-hexagonale rappellent aussi les rangées de plaques de certains échinodermes, tels que les Ananchytes quand on les trouve écrasés.

Ainsi, dit Cuvier (1), nous possédons le squelette de l'Ichthyosaure dans toutes ses parties, et rien ne nous empêche de nous représenter complétement cet animal. Sa queue était médiocre, le museau long et pointu, armé de dents aiguës. Ses yeux, d'une grosseur énorme, devaient donner à sa tête un aspect tout à fait extraordinaire et lui faciliter la vision pendant la nuit. Il n'avait probablement aucune oreille extérieure, et la peau passait sur le tympan. Il respirait l'air en nature, et devait venir souvent à la surface de l'eau; ses membres ne lui permettaient que de nager; il ne pouvait probablement pas ramper sur le rivage autant que les Phoques, et devait y rester immobile comme les Baleines et les Dauphins, s'il venait à y échouer.

Les quatre espèces précédentes ont été recueillies dans le lias de Lime-Regis, et d'autres l'ont été dans l'oolithe inférieure, la grande oolithe, l'Oxford-clay, le coral-rag, le Kimmeridge-clay d'Angleterre, et jusque dans la craie du même pays, puis ont été retrouvées plus tard, sur le continent, dans des dépôts correspondants.

(1) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. X, p. 441; Éd. de 1836. — Quoique nos citations soient empruntées à la 4ᵉ éd. de cet ouvrage que nous avons sous les yeux, elles appartiennent primitivement au texte de la seconde, publiée en 1822.

Plésiosaure. Le Plésiosaure, dont le nom indique son affinité avec les Lézards, offre, en effet, une tête assez analogue à celle de ce dernier genre, puis des dents de Crocodile, un cou extrêmement long, ressemblant au corps d'un serpent. Le tronc et la queue ont les proportions ordinaires des quadrupèdes; les côtes rappellent celles des Caméléons, et les pattes celles des Baleines.

Signalé seulement en 1821 par Conybeare et de la Bèche, dans le mémoire précité, le Plésiosaure fut mieux connu par la découverte d'un squelette entier, découvert trois ans après dans le lias de Lyme-Regis. La tête, qui offre aussi quelques caractères de celle du Crocodile et de l'Ichthyosaure, a les narines près de l'orbite, comme dans ce dernier genre et les cétacés, puis des dents grêles, pointues, cannelées et inégales.

Le corps des vertèbres est à peine concave et se distingue par deux petites facettes ovales à la face inférieure. La différence entre le diamètre transverse et l'axe est, par conséquent, moindre que dans les vertèbres d'Ichthyosaure. On en compte 90, dont 35 cervicales, 27 dorsales, 26 caudales et 2 sacrées. La queue, proportionnellement assez courte, ne rappelle point celle des reptiles; et l'animal, dans son ensemble, devait avoir une forme d'autant plus insolite, que ses extrémités, comme celles de ses contemporains dont nous venons de parler, étaient de véritables nageoires semblables à celles des cétacés. Les extrémités se composaient de 5 séries de phalanges allongées, représentant les 5 doigts comme dans les Baleines. La longueur totale de l'animal pouvait être de 9 mètres.

Le Plésiosaure de Lyme-Regis fut nommé par Conybeare *P. dolichodeirus* ou P. à long cou, et celui du Kimmeridge-clay, *P. recentior*. D'autres ont été signalés dans les divers termes de la série secondaire, depuis le lias jusqu'à la craie.

Téléosaure. En 1718, W. Stukely (1) avait décrit des restes de reptiles provenant de Newark (Nottinghamshire), et, en 1758, Woller et Chapmann (2) découvrirent des restes semblables dans les

(1) *Transact. philos.*, vol. XXX, p. 963.
(2) *Ibid.*, vol. L, 1758

schistes alumineux du lias de Whitby (Yorkshire). Ce fossile, voisin du Gavial, désigné plus tard sous le nom de *Teleosaurus* par Geoffroy, fut appelé *T. Chapmanni* par König; il appartient à la tribu des amphicœliens, qui ont le corps des vertèbres légèrement concaves des deux côtés. Un squelette plus complet fut ensuite découvert à Saltwick, localité non loin de la précédente et aussi dans le lias supérieur.

Un autre reptile, rangé depuis dans l'ordre des dinosauriens, caractérisés par les cinq vertèbres soudées du sacrum, a été décrit d'abord par W. Buckland (1), et avait été découvert dans les couches oolithiques de Stonesfield (Oxfordshire). Ses restes consistaient en portions de mâchoires, des os longs, des vertèbres, un coracoïde et quelques autres moins importants, qui ont permis de lui attribuer une longueur totale de 30 à 36 pieds; Cuvier, d'après les dimensions du coracoïde, lui en donnait 70. Les dents sont comprimées, aiguës, arquées en arrière, à deux tranchants finement dentelés. Désigné par ce savant sous le nom de *Megalosaurus Bucklandi*, il surpassait, à coup sûr, dit-il (2), « les plus grands Crocodiles connus, et approchait, « pour la taille, d'une petite Baleine. D'après la forme tran- « chante de ses dents, il n'est pas douteux qu'il ne fût d'un « naturel extrêmement vorace. Tout ce qui accompagne ses « débris dans les carrières où il a été enseveli annonce qu'il « était marin. » Mégalosaure.

Ce genre n'est point d'ailleurs exclusivement propre aux dépôts jurassiques d'Angleterre et de France (calcaire de Caen), car on le retrouve jusque dans les divers termes du groupe wealdien.

Cuvier (3), ayant reçu de G. Mantell quelques dents qui lui offrirent les caractères particuliers d'avoir leur pointe et leur fût usés transversalement, comme chez les quadrupèdes herbivores, pensa néanmoins qu'elles pouvaient provenir d'un rep- Iguanodon.

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, 2e sér., vol. I, 1822.
(2) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. X, p. 196.
(3) *Ibid.*, p. 199.

tile saurien encore plus extraordinaire que tous ceux dont nous venons de parler. Ces dents, prismatiques, étaient plus larges à la face externe, et portaient trois carènes mousses longitudinales. La couronne a des bords tranchants, dentelés, rappelant celle des dents de l'Iguane, d'où le nom d'*Iguanodon*, que Mantell (1) assigna à l'animal.

Quelques années plus tard, un squelette presque entier, découvert dans les grès de Tilgate, a permis de se faire une idée plus exacte de cet énorme reptile, qui devait être un herbivore terrestre. Les dimensions comparatives des os montrent qu'il était haut sur jambes, les membres postérieurs étant sensiblement plus longs que les antérieurs, et que les pieds étaient courts et robustes (2). Mantell estimait que l'animal atteignait une taille de plus de 60 pieds, avec une circonférence de 14 pieds et demi, dimensions que M. R. Owen réduit à 27 pieds de long. L'*Ignanodon Mantelli*, ainsi nommé par M. H. de Meyer, est jusqu'à présent la seule espèce bien connue.

Ainsi, quelques années ont suffi pour faire découvrir, en Angleterre, des forces d'animaux éteints les plus singulières et les plus gigantesques. Quelques fragments avaient bien été signalés et même figurés par d'anciens auteurs, tels que Lhwyd, Walch, Merek, etc.; mais on n'en avait pu déduire aucune connaissance positive sur les caractères des êtres auxquels ils avaient appartenu.

Mammifères didelphes. Il était encore réservé à Cuvier, visitant les collections d'Oxford en 1818, d'y reconnaître, dans deux fragments de mâchoires provenant des calcaires schisteux oolithiques de Stonesfield, des restes de mammifères didelphes (3). C'était la première fois qu'un animal d'un ordre aussi élevé était signalé dans des couches secondaires, et le savant anatomiste français comprit toute l'importance de cette détermination, confirmée

(1) *Philos. magaz.*, 1824. — *Geology of Sussex*, p. 67, pl. 4, 11, 12, 14, etc.

(2) Pictet, *Traité de paléontologie*, vol. I, p. 472.

(3) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. X, p. 197.

par des recherches ultérieures faites dans la même localité, d'abord, en 1823, par W. Buckland, et ensuite par d'autres naturalistes. Ces débris ont été rapportés à deux genres, dont le premier, le genre *Thylacoterium*, comprend le *T. Prevosti*, qui est l'espèce mentionnée par Cuvier ; l'autre est le genre *Phascolotherium*. Tous deux ont donné lieu à des discussions, à cause de leurs caractères, dans lesquels plusieurs zoologistes croyaient reconnaître ceux de reptiles sauriens (1).

Géologie générale.

Quoique les travaux géologiques et paléontologiques que nous venons de rappeler ne soient pas aussi considérables, ni aussi nombreux que ceux publiés en Italie, en Suisse et dans les diverses parties de l'Allemagne, du XVIe au XIXe siècle, on peut remarquer cependant, lorsqu'on les compare à ces derniers, qu'ils sont généralement empreints d'un caractère de précision plus prononcé, soit sous les rapports stratigraphique et géographique, soit sous celui de la distribution et de la distinction des corps organisés. Il y a dans ces anciens travaux de nos voisins d'outre-Manche un sentiment plus vrai de la nature des choses, et leur marche, quoique encore incertaine, est plus rapprochée du but, ce que nous attribuons, ainsi que nous l'avons déjà fait entrevoir, aux caractères physiques du sol de l'Angleterre, lesquels traduisent avec une grande netteté, même pour un observateur superficiel, ses caractères géologiques.

En effet, un coup d'œil jeté sur une carte de ce pays montre de suite, dans sa partie orientale et centrale, une série de bandes ou zones régulièrement dirigées du N.-E. au S.-O., plus ou moins parallèles, de nature différente les unes des autres, mais généralement constante dans toute leur étendue, et dont les caractères minéralogiques se traduisent à la surface par les formes et la couleur du sol, son mode de culture, sa végétation, etc. En outre, les côtes qui bordent l'île, souvent en falaises abruptes plus ou moins élevées, mettent à décou-

(1) Voyez à ce sujet *Histoire des progrès de la géologie*, vol. VI, p. 108, 109.

vert les relations naturelles des diverses couches dans des profils disposés en quelque sorte pour le plus grand bénéfice des géologues. Or, dans aucune contrée de l'Europe on ne rencontre une disposition générale aussi avantageuse, et l'on doit dire aussi que les observateurs anglais n'ont pas manqué à leur bonne fortune. Vers la fin du dernier siècle, les esprits étaient, dans ce pays, parfaitement préparés à recevoir une impulsion rationnelle; il n'y avait point de préjugés d'école, de routine, ni de ces influences personnelles qui arrêtent la propagation de la lumière et paralysent les tendances les plus heureuses; aussi, dès que cette lumière apparut, fut-elle accueillie par tous avec empressement et sans protestation.

W. Smith. C'est à Williams Smith, ingénieur des mines, que cette impulsion est due. Il commença ses recherches en 1790, aux environs de Bath, et dressa, cette même année, un tableau des couches du pays, qui fut le point de départ de toutes ses observations ultérieures. Entre cette première date et le commencement du siècle, il publia de nombreux documents géologiques dans les divers volumes du *Conseil de l'agriculture* (*Board of agriculture*). Une série de rapports, qui parut en 1794, contient des cartes géologiques de la partie du Yorkshire appelée North-Riding, du Derbyshire, du Nottinghamshire, et une moins exacte du Devonshire. La carte du Kent, publiée en 1796, est tout à fait complète, ce que facilitait d'ailleurs celle de Packe, que nous avons vue exécutée dès le commencement du XVIIIe siècle.

De 1796 à 1813, les cartes de neuf autres comtés (Sussex, Surrey, Berks, Bedford, Gloucester, Wiltz, Lincoln, Durham et Cheshire), ainsi qu'un second rapport sur la minéralogie du Derbyshire par Farey, furent mis au jour, pendant qu'une excursion de Maton, faite, en 1796, dans les comtés de l'ouest, permettait d'esquisser une carte géologique de cette dernière partie de l'île.

Le texte relatif aux cartes de W. Smith ne parut, après de longs délais, qu'en 1815; mais on n'en doit pas conclure, comme l'ont dit quelques personnes, que les publications ou les

droits de l'auteur ne datent que de cette époque. Les cartes sont l'expression graphique la plus directe et la plus positive des recherches de W. Smith, et elles constituent pour lui un droit de priorité tout aussi incontestable que le texte destiné à les accompagner. Quant à la valeur et aux mérites de ses travaux, nous rappellerons ici le jugement qu'en portait, en 1819, un élève de Werner, l'un des propagateurs de sa méthode en France, et dont l'opinion, par conséquent, ne peut être suspectée de partialité.

« Ce que les minéralogistes les plus distingués ont fait dans « une partie de l'Allemagne en un demi-siècle, dit d'Aubuis- « son (1), un seul homme l'a entrepris et exécuté pour toute « l'Angleterre, et son travail, aussi beau par son résultat qu'il « est étonnant par son étendue, a fait conclure que l'Angleterre « est régulièrement divisée en couches, que l'ordre de leur su- « perposition n'est jamais interverti, et que ce sont exactement « des fossiles semblables qu'on trouve dans toutes les parties « de la même couche et à de grandes distances. Tout en payant « au travail de M. Smith le tribut d'admiration qui lui est dû, « il me sera permis de désirer que des observations ultérieures « en confirment l'exactitude, et déjà sur plusieurs points les « travaux des minéralogistes anglais l'ont confirmé. »

Les désirs bien justes exprimés ici par le savant disciple de Werner ont été remplis; aussi avons-nous pu dire longtemps après lui, et sans crainte d'être démenti : « Les géologues an- « glais, appréciant la profondeur et la justesse des vues de « W. Smith sur les dépôts secondaires de leur pays, ont con- « servé sa classification et sa terminologie, encore vraies et « suffisantes après une épreuve de quarante années. Ils ont « respecté cette terminologie, non pas seulement parce qu'elle « avait été établie par un de leurs compatriotes et sur leur « propre sol, mais encore parce qu'elle était l'expression la « plus naturelle des faits; et, comme si la géologie stratigra- « phique était destinée à leur devoir plus qu'à toute autre

(1) *Traité de géognosie*, vol. II, p. 253, 313, 323. Paris, 1819.

« nation, ce fut aussi vingt ans plus tard qu'un digne émule « de W. Smith fondait la classification de tout le terrain de « transition, classification qui put faire ensuite, avec non moins « de bonheur, le tour du globe, sans avoir été trouvée en dé- « faut (1). »

Les couches tertiaires postérieures à la craie n'ont été représentées que d'une manière générale par W. Smith; mais les limites des roches crétacées, étudiées précédemment comme on l'a vu, ont été tracées avec exactitude. A partir de cet horizon jusqu'au nouveau grès rouge et même jusqu'au calcaire carbonifère, tout le classement lui appartient, car ce qui avait été fait auparavant, comme arrangement général, était peu important. On lui doit la détermination, presque toujours heureuse, des divisions géologiques les plus essentielles de la série, et de les avoir suivies et indiquées d'une extrémité de l'île à l'autre. Les districts carbonifères ont été étudiés aussi, mais avec moins de soin et de détails que le terrain secondaire. Quant aux roches plus anciennes, elles sont encore moins représentées dans les travaux de W. Smith.

Disons maintenant en quoi consistent le mérite particulier et l'originalité de ses recherches. Ce n'est pas d'avoir tracé sur les feuilles de l'atlas de Cary les limites des divers systèmes de couches dont il avait déterminé les positions relatives ni d'avoir distingué ces systèmes par des teintes différentes, mais c'est la méthode qu'il employa, on peut même dire qu'il inventa et appliqua, pour fixer ces rapports de la manière la plus simple, la plus naturelle et la plus pratique à la fois. Elle consiste à constater d'abord la présence des fossiles qui, par leur constance, caractérisent le mieux chaque couche partout où celle-ci existe, et

(1) D'Archiac, *Hist. des progrès de la géologie*, vol. VI, p. 6, 1856.— Nous faisons ici allusion aux recherches de sir R. I. Murchison sur le terrain de transition du centre et de l'ouest de l'Angleterre, pour lequel ce savant fit ce que W. Smith avait exécuté pour le terrain secondaire. On ne peut donc refuser à l'école anglaise le mérite d'avoir établi les véritables bases géologiques de la classification des deux séries secondaire et intermédiaire, c'est-à-dire de la plus grande partie des terrains de sédiment.

ensuite la différence des fossiles d'une couche à une autre, ou, en d'autres termes, à déterminer les relations qui existent entre l'âge ou la position d'une couche donnée et les fossiles qu'elle renferme.

Ce résultat, on le conçoit, ne pouvait être obtenu qu'après une étude préalable, sur un grand nombre de points, des rapports stratigraphiques des couches, car il fallait d'abord prouver le parallélisme ou la continuité de celles qui contenaient des fossiles semblables, et la discontinuité ou la non-contemporanéité de celles qui en renfermaient de différents. Or, dans le pays qu'il explorait, une même couche ou un même ensemble de bancs pouvant être suivi sans interruption sur de très-grandes étendues, il était à même de s'assurer de ces deux éléments fondamentaux de sa méthode.

Les nombreuses applications qu'il en a faites sont exposées dans son tableau géologique des fossiles d'Angleterre, qui établit l'identité et la continuité des couches dans leur ordre naturel de superposition (1). Ce tableau, publié en 1815, est en tête de l'ouvrage intitulé : *Système stratigraphique des fossiles, composé d'après la collection du British Museum, accompagné de tables de la distribution géologique des échinodermes* (2). Quatre parties seulement ont été publiées d'un autre ouvrage intitulé : *Les couches identifiées par leurs fossiles* (3).

C'est à W. Smith que fut décernée, en 1831, la première *médaille de Wollaston*, et la Société géologique de Londres ne pouvait mieux répondre à l'intention de l'illustre fondateur, puisque nul n'avait alors plus contribué au progrès de la science dans son pays. Mais, à l'étranger, son mérite paraît avoir été

(1) W. Smith donna successivement trois tableaux de la série des couches qu'il avait étudiées. Le premier remonte à 1799 ; on y remarque plusieurs omissions réparées dans le suivant, qui accompagnait la carte publiée en 1812 : *A geological map of England and Wales with part of Scotland. — Geological table of British organised fossils*, etc., 1815.

(2) *A stratigraphical system of organised fossils*, etc., in-4, 1817.

(3) *Strata identified by organised fossils*, in-4, 1816.

moins généralement apprécié, car nous ne trouvons point le nom de W. Smith parmi les *Correspondants* de l'Académie des sciences de l'Institut de France ; aussi pourrions-nous lui appliquer, comme une juste réparation, ce vers si connu de Saurin :

Rien ne manque à sa gloire; il manquait à la nôtre.

Berger, Middleton, Webster, Buckland, Winch, W. Phillips, G. Mantell, etc., etc.

Pendant que W. Smith développait ou appliquait ainsi successivement ses principes, d'autres géologues les appliquaient, de leur côté, à d'autres terrains ou à d'autres provinces. Ainsi, J. F. Berger (1) faisait connaître la structure physique du Devonshire et du Cornouailles, Middleton (2) donnait une énumération fort exacte des dépôts tertiaires, depuis les plus récents jusqu'à la craie, Webster (3) une description des couches d'eau douce de l'île de Wight, avec quelques observations sur celles qui recouvrent la craie dans le sud-est de l'Angleterre. Les planches jointes à ce travail en augmentent beaucoup l'intérêt, en ce que jusqu'alors la représentation graphique des dépôts tertiaires avait été fort négligée. Indépendamment des coupes de l'île, ces planches en donnent une carte géologique, une seconde du bassin tertiaire de Londres, et une troisième, montrant la disposition géographique relative des dépôts tertiaires du nord de la France et de l'Angleterre. Le même observateur a déterminé aussi les relations géologiques des couches crétacées de Reigate et de Nutfield, au sud de Londres (4).

W. Buckland (5) publia un mémoire particulier sur les plus anciens dépôts tertiaires, désignés sous le nom de *plastic clay*, et eut occasion de confirmer, par l'examen de quelques parties des

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, 1re série, vol. I, p. 93, avec carte, 1811.

(2) *On the mineral strata of Great Britain.* (*Monthly magaz.*, oct. 1812.)

(3) *On the freshwater formation*, etc. — *Transact. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 161, pl. 9-11, 1814.

(4) *Ibid.*, vol. V, p. 353, 1821.

(5) *Ibid.*, vol. IV, p. 277, avec carte et coupes, 1817.

Alpes et de la France, la justesse des vues de son compatriote (1). Les fossiles qu'il recueillit lui permirent d'établir, entre des points fort éloignés, un parallélisme qui n'aurait pu être aperçu par aucun autre moyen, et que nous verrons aussi constaté dans le même temps par un géologue français. Buckland a donné encore la description d'un groupe de roches isolées, schisteuses et dioritiques, du Cumberland et du Westmoreland, sur la côte orientale d'Appleby, entre Melmerby et Murton (2), et il a fait connaître des corps siliceux de la craie du nord de l'Irlande, désignés sous le nom de *Paramondra* (3). Son mémoire sur les quartzites de Lickey (Worcest.) et ses considérations sur les preuves d'un déluge récent dans une grande partie du centre de l'Angleterre ont mis en lumière beaucoup de faits importants (4). On doit à N. S. Winch (5) un mémoire fort étendu, accompagné de cartes et de coupes sur la géologie du Northumberland et du Durham, mémoire dans lequel il a fait figurer des poissons (*Chætodon*) provenant du calcaire magnésien de Low-Pallion. Les dépôts contemporains de ce dernier, aux environs de Bristol, ont été étudiés avec soin par W. H. Gilby (6), tandis que C. Cumberland (7) préludait aux recherches de Miller sur les crinoïdes par deux mémoires sur les fossiles de cet ordre, recueillis, les uns aux environs de Bristol, les autres dans le lias de Lyme-Regis. Les calcaires carbonifères des rives de l'Avon et les calcaires magnésiens qui les recouvrent furent également décrits par lui (8).

W. T. Brande (9), qui, vers ce temps, publia les leçons qu'il avait faites, en 1816, à l'Institution royale, ne mentionne nulle

(1) *Ann. of Philosophy*. Juin, 1821.
(2) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. IV, , p. 105, 1817.
(3) *Ibid.*, p. 412.
(4) *Ibid.*, 2e part., p. 506
(5) *Ibid.*
(6) *Ibid.*, p. 210.
(7) *Ibid.*, vol. V, p. 87, pl. 22 (1821) et p. 379.
(8) *Ibid.*, p. 95.
(9) *Outlines of geology*, etc., in-8 avec coupes. Londres, 1817.

par les travaux de W. Smith, et l'on s'étonnerait que le secrétaire de la Société royale fût aussi peu au courant de la science de son propre pays, si nous n'avions bien des exemples semblables à citer encore ailleurs.

W. Phillips (1) a démontré, mieux qu'on ne l'avait encore fait, la correspondance des couches des deux côtés du Pas-de-Calais; et les fossiles qu'il avait recueillis, étudiés par Parkinson, ont confirmé les données stratigraphiques. G. Mantell (2) s'est montré le plus fécond et le plus laborieux des successeurs immédiats de W. Smith. Le Sussex et les parties voisines du Kent, qui ont été le champ spécial de ses recherches, lui doivent une véritable illustration et d'être devenus des localités types pour la série crétacée et wealdienne.

Mac Culloch, Jameson, A. Boué, T. Weaver.

Malgré leur grande importance géologique, on conçoit que nous n'avons qu'à mentionner ici les travaux étendus de Mac Culloch (3), de Jameson (4) et de M. A. Boué (5) sur

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, 1820. — Parkinson, *Remarks on the fossils*, etc., *ibid.*, p. 52.

(2) *The fossils of the South-Downs or illustrations of the geology of Sussex*, in-4 avec 42 pl. de cartes, coupes, vues et fossiles. Londres, 1822. — *Illustrations of the geology of Sussex*, in-4 avec carte, coupes et 20 pl. de fossiles in-4. Londres, 1827. — *The geology of South-East of England*, in-8. Londres, 1833.

(3) *A description of the Western islands of Scotland, including the isle of Man*, etc., 2 vol. in-8 et 1 vol. de planches, vues et coupes. Édimbourg, 1819. — Observations sur le mont Cruacham, dans le comté d'Argyle *Transact. geol. Soc. of London*, 1re série, vol. IV; 2e part., p. 117; 1817). — Corrections et additions à l'Esquisse de la minéralogie de l'île de Sky (insérée dans le vol. III), *ibid.*, p. 156. — Observations sur la colline de Kinnoul (Perthshire) (*ibid.*, p. 220), et surtout son travail si original et si complet sur les *Parallel roads of Glen-Roy*, accompagné de cartes et d'excellents dessins, qui ont fait connaître l'un des plus curieux phénomènes de l'époque quaternaire, si peu apprécié jusque-là. (*Ibid.*, p. 314.)

(4) *Outlines of the mineralogy of the Scotish isles*, etc., 2 vol. in-4. Édimbourg, 1800. — Éd. allem. Leipzig, 1802. — *Mineral descript. of Scotland*, in-8. Édimbourg, 1804. — *Geological travels through Scotland, Orkney and western Islands*, 2 vol. in-8. Édimbourg, 1820.

(5) *Essai géologique sur l'Écosse*, in-8 avec 2 cartes et 7 pl. de coupes. Paris, 1820.

l'Écosse, travaux qui sont beaucoup plus minéralogiques, pétrographiques et orographiques que paléontologiques. Et il en est de même du grand mémoire sur les relations géologiques de l'est de l'Irlande, par M. T. Weaver (1), travail accompagné de cartes coloriées et d'une multitude de vues et de coupes qui en font un des plus précieux spécimens de l'état de la science descriptive à cette époque.

Enfin, il nous reste à signaler deux publications d'un grand intérêt, en ce qu'elles résument, chacune sous la forme qui leur est propre, le point où était arrivée la connaissance du sol de l'Angleterre au moment même où se termine notre revue historique.

L'une est la carte géologique de ce pays, dressée par M. Greenough en 1819, presque à la même échelle que celle de Smith. Rien d'aussi complet en ce genre n'avait encore paru en Europe, et l'on ne peut que s'étonner de la rapidité des perfectionnements réalisés en si peu d'années. Un coup d'œil jeté sur cette carte suffit pour donner la mesure non-seulement de l'avancement de la science dans le pays, mais encore de la distance où elle laissait derrière elle les résultats obtenus partout ailleurs sur le continent. Greenough.

L'autre publication à laquelle nous venons de faire allusion est celle où W. D. Conybeare et W. Phillips exposent, avec une admirable clarté, toute la théorie des terrains secondaire et tertiaire de la Grande-Bretagne (2). Ils y proclament hautement le principe de la distribution des espèces fossiles en rapport avec l'âge des couches, et le développent d'une manière plus complète qu'on ne l'avait encore fait. W. D. Conybeare et W. Phillips.

Les débris organiques, disent-ils dans l'Introduction d'un livre qui restera comme un modèle de sagacité et de la géologie comprise dans son véritable sens, ne sont pas distribués irrégulièrement à travers toute la série des formations, mais, au

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, 1re sér., vol. V, p. 117; 1819.
(2) *Outlines of the geology of England and Wales*, in-8 avec une carte et des coupes. Londres, 1822.

contraire, répartis par familles, chaque formation contenant une association d'espèces particulières, différentes de celles des autres et l'accompagnant dans toute son étendue, de manière que, sur deux points donnés de l'affleurement d'un même système de couches, on est sûr de rencontrer les mêmes associations de fossiles.

Il suffit, pour prouver l'exactitude de cette loi, de jeter les yeux sur deux des principales formations de l'Angleterre, la craie et le calcaire inférieur à la houille ou calcaire carbonifère. Si l'on examine les fossiles de la craie de Flamborough (Yorkshire) et des falaises de Douvres, et l'on pourrait ajouter ceux de la Pologne et des environs de Paris, on trouvera les mêmes coquilles associées aux mêmes échinides, beaucoup desquels appartiennent à des genres inconnus aujourd'hui et qui ne se trouvent point ailleurs que dans la craie. Si l'on étudie de même une collection de fossiles carbonifères du Northumberland, du Derbyshire, du sud du pays de Galles et du Somersetshire, on trouvera qu'ils s'accordent également les uns avec les autres, tels que les crinoïdes, les Productus, les Térébratules, les Spirifers, etc. On les distinguera tous immédiatement si l'on vient à les comparer avec les fossiles crétacés précédents.

Les différences organiques entre ces formations très-éloignées dans le temps sont beaucoup plus prononcées, à la vérité, qu'entre celles qui sont plus rapprochées, mais même dans ces dernières elles demeurent toujours sensibles.

Conybeare et Phillips jettent ensuite un coup-d'œil rapide sur la suite générale des terrains d'Angleterre, depuis les plus anciens jusqu'aux plus récents; ils esquissent à grands traits, mais avec infiniment de justesse et de précision, les caractères les plus généraux des fossiles et des roches des divers termes de cette série, et nous croyons devoir reproduire encore ce passage de leur livre, qui pourra nous servir plus loin de terme de comparaison.

A la base de toute la série se montrent les roches primitives dépourvues de restes organiques, et auxquelles succèdent celles de transition renfermant un petit nombre de polypiers, des cri-

noïdes et des mollusques différents de tous ceux qui vivent actuellement. Les fossiles du calcaire carbonifère qui vient ensuite sont presque les mêmes que les précédents, mais plus abondants. Les dépôts houillers, qui reposent à leur tour sur le calcaire, offrent à peine quelques traces de coquilles, tandis que les restes de végétaux terrestres y sont très-répandus ; ce sont des fougères, des roseaux, des joncs d'espèces inconnues et des troncs de grands arbres étrangers à la nature actuelle. Le calcaire magnésien qui les surmonte offre encore une faune marine, tandis que la période du nouveau grès rouge semble avoir été presque complétement dépourvue d'être organisés, comme si la nature eût voulu se préparer pour un nouvel ordre de choses. Celui-ci commence avec le lias, continue par les roches oolithiques, les argiles et les sables verts et ferrugineux, pour se terminer à la craie. Toutes ces couches renferment des polypiers, des crinoïdes, des échinides, des coquilles, des crustacés, des poissons et des quadrupèdes ovipares, dont les familles diffèrent souvent de celles qui ont eu des représentants pendant les époques de transition et carbonifère, et dont les espèces diffèrent également d'un système de couches à un autre.

Jusqu'alors les fossiles sont généralement à l'état de pétrification; mais, au-dessus de la craie, le test des coquilles est plus souvent conservé et ne diffère de celui des coquilles vivantes que par sa fragilité et l'absence de coloration. Des couches remplies de coquilles d'eau douce alternent avec celles à coquilles marines, comme si elles avaient été déposées successivement dans les eaux douces et les eaux salées. Dans les plus élevées de cette nouvelle série, les coquilles du crag montrent une grande analogie avec celles qui vivent actuellement sur les côtes d'Angleterre; et, enfin, au-dessus de tous ces strates s'étendent indistinctement des accumulations de sable et de gravier semblables au produit d'un déluge, contenant de nombreux débris de grands mammifères terrestres, dont plusieurs appartiennent à des espèces qui n'existent plus, associées avec d'autres étrangères aux climats où on les trouve actuellement,

et avec un certain nombre qui habitent encore sur les lieux mêmes.

Les auteurs ajoutent (1) que les lois générales de la distribution des fossiles ont été surtout déduites de la structure géologique de l'Angleterre, le seul pays qui ait été attentivement étudié sous ce rapport. Cette remarque est vraie, en général; mais nous verrons que, pour le terrain tertiaire inférieur, au moins dans le nord de la France, cette loi avait été reconnue et appliquée dans le même temps, et l'on peut dire d'une manière indépendante de ce qui se faisait de l'autre côté du détroit.

L'esquisse d'une carte géologique d'Angleterre, et surtout les coupes stratigraphiques générales jointes au texte fort concis de l'ouvrage de Conybeare et Phillips, témoignent encore d'une profonde intelligence dans la manière de comprendre et d'expliquer les relations des divers systèmes de couches.

Société géologique de Londres.

Nous ne devons pas non plus omettre de mentionner ici une des causes qui ont le plus contribué au développement et à la bonne direction des recherches dans les Iles Britanniques. La *Société géologique de Londres*, fondée le 13 novembre 1807, sur les bases les plus larges et les mieux entendues, marchant sur les traces de sa sœur aînée, la *Société Royale*, s'est toujours maintenue depuis à la hauteur de la mission qu'elle s'était donnée. Elle a offert l'exemple d'une institution libre, servant en quelque sorte d'école permanente aux uns, ayant des encouragements constants pour favoriser les publications des autres, et décernant ses récompenses spéciales aux plus méritants chez toutes les nations où les sciences sont cultivées.

Les nombreux mémoires qui composent les cinq vol. in-4° de la première série de ses *Transactions*, imprimée de 1811 à 1821, montrent aussi les qualités d'exécution que nous avons si souvent regretté de ne pouvoir signaler dans les travaux géologiques du continent, c'est-à-dire la multiplicité des cartes coloriées, des coupes ou profils tracés avec soin et dans des proportions relatives se rapprochant de la nature, des vues ou

(1) *Introduction*, p. 13.

paysages qui contribuent à faire saisir les caractères physiques et l'aspect du pays, enfin tous les détails qui prouvent comment, dès l'origine, cette Société avait compris son rôle, et comment ensuite elle l'a rempli pendant plus d'un demi-siècle, pour le plus grand avantage de tous.

Résumé.

En résumé, ce qui nous frappe dans l'histoire de la géologie stratigraphique et de la paléontologie en Angleterre, et ce qui sans doute a puissamment contribué à l'avancement de la première de ces sciences, c'est que dès le commencement, et surtout depuis 60 ans, tous les géologues ont suivi les principes de W. Smith; ils ont marché avec le même esprit, guidés par les mêmes lois. Ils n'ont pas supposé que celles-ci pussent être mises en discussion ni suppléées par d'autres; ils n'ont pas perdu de temps à explorer des chemins de traverse qui n'auraient conduit à rien, ni à des discussions oiseuses ou personnelles. Ils ont parcouru jusqu'à ce jour, avec ensemble, confiance et fermeté, la voie qui leur avait été tracée, ce qui fait honneur à leur bon sens pratique, la première des qualités dans les sciences d'observation, où l'imagination et les idées préconçues sont de si perfides conseillères.

CHAPITRE V

Nous réunirons dans ce chapitre des faits relatifs à des pays très-différents, mais qui dans chacun d'eux ne sont ni assez nombreux ni l'objet de travaux assez considérables pour motiver des chapitres particuliers.

§ 1. Espagne.

Il y a près d'un siècle et demi que Scheuchzer, dont nous avons parlé comme d'un des naturalistes suisses les plus instruits, faisant une sorte de revue générale des travaux publiés dans divers pays sur l'histoire naturelle, remarquait l'absence presque complète en Espagne d'écrivains qui se soient occupés de botanique, de zoologie ou des corps inorganiques. Si les nations germaniques, dit-il, pèchent à cet égard par l'excès et par un besoin immodéré d'écrire et de publier, l'Espagne se fait distinguer de tous les autres pays civilisés par le défaut contraire (1). Ce jugement porté alors par un travailleur infatigable et dévoué à la science pourrait être encore vrai aujourd'hui, car, si la civilisation a marché, le caractère, les

(1) *Bibliotheca scriptorum Historiæ naturalis omnium terræ*, etc., in-8, 1716, — 2e éd. Petit in-12. Tiguri (Zurich), 1751.

goûts, les aptitudes et l'esprit des peuples se maintiennent à peu près dans les mêmes rapports, subordonnés qu'ils sont aux influences des conditions physiques qui les entourent et à celles de certains principes qui ne permettent le progrès que dans des directions données, les autres y restant forcément étrangères.

Nous ne connaissons, en effet, rien qui soit antérieur à cette remarque de Scheuchzer; Bourguet (1) indique seulement des fossiles dans les montagnes qui sont près de Barcelone, et les quelques débris organiques (Astéries, baguettes de Cidaris Nummulites, Cyclolites) mentionnés et figurés par P. Barrère (2), comme provenant de la Catalogne, ne l'ont été qu'en 1746.

Quelques années après le père F. Jos. Torrubia a publié son ouvrage sur l'histoire naturelle de l'Espagne (3), dont le premier volume renferme plusieurs *dissertations de physique*, comme on disait alors, et particulièrement sur le déluge. Cet ouvrage contient 14 planches, représentant des fossiles de divers terrains et provenant de diverses localités. Après avoir reproduit le tableau de Bourguet dont nous venons de parler, l'auteur traite des fossiles et figure des dents de Squales, des Ammonites, des Nautiles, des Térébratules, des ostracées, des échinides de stellérides crétacés et jurassiques, puis un trilobite et deux crustacés de la Chine ou des îles Moluques. Il disserte longuement sur les *Cunnolites* (Cyclolites) signalés par Barrère et provenant de Coustouges, près Saint-Laurent-de-Cerdans, et il s'attache à démontrer que les pétrifications observées en Espagne sont de véritables corps marins. Il traite de celles des environs de Teruel, et donne, sous le titre de *Gigantologia espanola*, une dissertation fort étendue où se trouvent rapportés tous les documents relatifs à une prétendue race de géants qui aurait existé

(1) *Indice des divers endroits où l'on trouve des pétrifications;* dans son *Traité des pétrifications*, p. 29, 1742.

(2) *Observations sur l'origine des pierres figurées*, in-8. Paris, 1746.

(3) *Aparato para la historia natural española; T. primo contiene muchas dissertationes physicas especialmente sobre il diluvio*, in-4 avec 14 pl. Madrid, 1754.

à la fois dans l'ancien et le nouveau monde. Tous ces faits, comme on le conçoit, se rapportent à des débris d'Éléphants ou d'autres grands mammifères fréquents en Amérique aussi bien qu'en Europe, et sous ce rapport le travail de l'auteur espagnol n'est pas sans utilité, car on y trouve beaucoup de renseignements qui, bien interprétés, peuvent être encore employés aujourd'hui.

Les causes et les effets présumés du déluge sont ensuite, comme chez la plupart des écrivains du temps, l'objet de réflexions de toutes sortes et en général aussi peu fondées les unes que les autres; c'était un thème à d'inépuisables variantes pour les naturalistes d'alors, et pour un jésuite plus encore que pour tout autre. La plupart des fossiles représentés sont reconnaissables, et nous avons pu y distinguer la *Terebratula decorata* ou *tetraedra*, le *Spirifer rostratus*, la *Modiola plicata*, l'*Isocardia excentrica*, la *Lima proboscidea*, les *Terebratula globata*, *impressa*, *perovalis* ou *biplicata* et *resupinata*, provenant de Molina, d'Anchuela et d'autres localités où les couches jurassiques ont été constatées depuis.

D. Guillermo Bowles, dans son introduction à l'histoire et à la géographie physique de l'Espagne (1), a signalé les Nummulites des environs d'Alicante, des Térébratules, des Bélemnites, des Huîtres et d'autres fossiles dans le voisinage de Molina. Il a traité de la lithologie générale de beaucoup de provinces, des volcans du royaume de Murcie et de la Catalogne; il s'est occupé plus particulièrement des diverses pierres de la province de Ségovie, a donné de bons détails sur les salines de Mingranilla, sur la disposition des amas ou bancs de gypse, sur la mine de sel de Cardone, sur les gypses de Valtiera, les brèches osseuses des environs de Teruel (village de Concud); mais on n'aperçoit nulle part l'idée de succession dans les couches qu'il a observées. Il croit que les cailloux arrondis du lit des rivières n'ont pas été roulés par leurs eaux.

(1) *Introducion a la historia y a la geogr. fis. de España*, 1775. — Traduct. franç., 1776. — 2e éd. 1789. — *Journ. de Phys.*, vol. VIII, p. 404; 1776.

De son côté, A. J. Cavanilles (1), quoique plus botaniste que géologue et zoologiste, n'a pas laissé que de décrire avec beaucoup de soin les caractères orographiques, stratigraphiques et pétrographiques de l'ancien royaume de Valence. Il a bien observé, dans chaque localité, la position des couches, et il a donné de nombreux dessins qui représentent les formes et l'aspect particulier du pays. C'est un exemple qu'on regrette de ne pas voir plus suivi de nos jours.

L'auteur signale des Térébratules, des cornes d'Ammon ferrugineuses et diverses bivalves aux environs de Morella, de nombreux fossiles indéterminés dans les montagnes de Cervera, particulièrement dans les calcaires-marbre de celles d'Arès, et il conclut que la disposition des couches ainsi que leurs divers caractères ne permettent pas d'attribuer leur formation au déluge universel, qui n'aurait pu les déposer de la sorte. Les coquilles qu'on y trouve, ajoute-t-il, prouvent en outre qu'elles ont été déposées tranquillement au fond de la mer.

Les Huîtres abondent surtout avec d'autres bivalves entre les montagnes de Vistabella et de Villafranca, dans la colline de Cullera, sur le bord de la mer, dans celles de Valldigna, d'Ayora, dans la Muela, au nord-est d'Aros, et des empreintes de poissons se montrent dans les calcaires des environs de Pego. Autour de Xixona sont signalés des Huîtres, des Nummulites et des échinides (*Conoclypus*), de même qu'à Penaguila. L'auteur a fait représenter (vol. II, p. 296) un *Conoclypus*, des Nummulites, l'*Exogyra flabellata* et une *Orbitolina* de la formation crétacée.

Enfin, vers les dernières années du siècle, Bosc, dans un voyage exécuté à travers les royaumes de Galice, de Léon, de la Vieille-Castille et de la Biscaye (2), rapporte qu'avant d'arriver à Palencia, on longe des montagnes de pierre à plâtre parfaitement semblables à celles des environs de Paris, si ce n'est que

(1) *Observaciones sobre la historia natural, geografia, agricultura, del reyno de Valencia*, 2 vol. in-f°. Madrid, 1795.

(2) *Magazin encyclopédique*, 6e année, vol. I, p. 482, 1800.

les cristaux spéculaires se trouvent également répartis dans les bancs supérieurs et inférieurs de la marne qui lui est superposée.

« J'ai vu en place, sous la citadelle de Burgos, dit le natura-
« liste français (p. 486), la pierre calcaire qui a servi aux
« constructions de la ville; c'est la même que celle de Palencia.
« Elle y forme des bancs de 6 ou 7 mètres d'épaisseur, séparés
« par de l'argile marneuse. Le banc inférieur repose sur une
« couche d'argile de même nature, mais dont l'épaisseur m'est
« inconnue. Je n'ai pu m'assurer si la base de la colline est
« gypseuse, mais cela est très-possible, d'après des considéra-
« tions prises de l'ensemble des montagnes environnantes.
« Cette espèce de pierre est composée à parties presque égales
« de calcaire, de quartz et d'argile. Les coquilles qu'on y trouve
« paraissent être fluviatiles. Quelquefois la roche est aussi
« poreuse que la pierre meulière et ne se taille qu'en s'écaillant
« sphéroïdement. »

De même que dans l'est de l'Europe, ce sont des géologues et des paléontologistes anglais et surtout français qui, dans ces derniers temps, ont introduit en Espagne et y ont appliqué les connaissances de la science moderne.

§ 2. Amérique du Nord.

Géologie. La géologie et la paléontologie de l'Amérique du Nord, comme tout ce qui tient aux nouvelles populations de ce pays, qui se sont substituées aux anciennes, ne nous offrent point ce long et pénible enfantement dont nous avons déjà retracé en partie le tableau en Europe. L'étude stratigraphique du sol y a commencé tard, mais elle y a atteint presque du premier coup le degré d'avancement pour lequel il avait fallu plusieurs siècles de ce côté de l'Atlantique. On devait en effet y profiter de l'expérience de l'ancien monde sans passer par les tâton-

nements, les incertitudes et les erreurs d'une science qui cherche sa voie dans l'obscurité.

Cependant l'Amérique du Nord eut aussi sa période de pétrographie et de minéralogie géographique avant celle de la géologie stratigraphique. Ainsi Guettard, qui avait déjà appliqué à la France et à l'Angleterre ses idées sur la distribution de *bandes sablonneuse*, *marneuse* et *schisteuse* ou *métallifère* à la surface du sol, a publié, en 1752, un mémoire dans lequel il compare le Canada à la Suisse, par rapport à ses minéraux (1). Ce travail, fait avec des échantillons et des renseignements qui lui avaient été fournis par des personnes instruites du pays, est accompagné d'une carte qui s'étend depuis les Florides jusqu'au 60° latitude N., et sur laquelle sont indiquées, au moyen de 37 signes conventionnels, toutes les localités où étaient connues les espèces de roches et de substances minérales entre l'Atlantique et les Montagnes-Rocheuses.

Une zone ombrée, désignée sous le nom de *bande marneuse*, suit les contours d'une partie du golfe du Mexique, remonte au N.-E. jusqu'à l'île Royale d'une part, et se dirige de l'autre au N. vers Québec. Jusqu'à l'embouchure de l'Hudson et une partie de la vallée du Connecticut, on peut dire que cette bande représente les dépôts secondaires, tertiaires et quaternaires; mais au delà elle comprend tout le terrain de transition de New-York, du Massachusetts, du Maine, jusqu'à la rive droite du Saint-Laurent, qu'elle dépasse même entre Québec et le lac Saint-Pierre. Ce qui est au delà de cette zone appartiendrait à la *bande schisteuse* et *métallifère* de l'auteur, et sa *bande sablonneuse* se trouverait en avant ou à l'est de la bande marneuse et au-dessous du niveau de la mer. Sur une portion de carte à une

(1) *Histoire de l'acad. r. des sciences*, année 1752 (imprimée en 1756), p. 189. — Il y aurait peu d'intérêt à rappeler ici ce que dit Guettard dans son parallèle, nécessairement très-hasardé, entre le Canada et la Suisse, dont il donne aussi une carte minéralogique en s'aidant des ouvrages du temps. Pour les fossiles, il renvoie à Langius et à Scheuchzer, et donne la figure d'un poisson des schistes de Glaris (Blattenberg)

plus grande échelle, comprenant les rives du Saint-Laurent, depuis la Malbaye jusqu'à Montréal, on voit indiquée la présence des fossiles dans sept ou huit localités différentes.

P. 349, Guettard fait remarquer à ce sujet qu'il serait curieux de bien caractériser ces diverses coquilles, afin de déterminer si elles sont semblables à celles de l'Europe. Il cite, dans une roche brun noirâtre, calcarifère, à grain fin, des bords du lac Champlain, une coquille désignée alors sous le nom de *Poulette*, ce qui est, d'après la figure (pl. 4, fig. 2), probablement une valve bombée d'*Orthis*. Il en signale d'autres dans une roche de la pointe aux Trembles, au nord de Montréal, et, à l'île Royale, des empreintes de fougères, qui ne différeraient pas beaucoup de celles de notre continent.

Il représente (pl. 3 et 4) une grosse dent fossile, bien dessinée, mais dont il ne connaît pas l'animal. Suivant M. Gaulier, médecin fort instruit de Québec, qui lui avait fourni beaucoup de renseignements pour son travail, elle provenait d'une localité bien connue qu'il ne nomme pas, mais qui est marquée sur les cartes du Canada par le nom de : canton où l'on trouve des os d'Eléphant. « Tous ceux qui ont été dans cet endroit rapportent qu'on y voit des squelettes ou ossements de ces animaux, et que les squelettes sont presque complets; on ne se charge que des dents, parce que ce sont les seules pièces que l'on puisse transporter aisément, les autres os étant trop considérables. Ces débris de grands animaux sont dans une gorge resserrée entre deux montagnes, et enfouis dans un sol marécageux et argileux de diverses couleurs. » Nous reviendrons plus loin sur la dent figurée par Guettard.

Il donne aussi (pl. 3, fig. 3) le dessin d'un fossile, qu'il croit être une empreinte de papillon, sur une ardoise brun rougeâtre des environs du lac Champlain. Après l'avoir décrit fort en détail, il ajoute : « Enfin il n'est pas possible de se tromper sur la nature de cet animal; on peut même déterminer qu'il est de ceux qui ne volent que la nuit, » etc. Or il est facile aujourd'hui de reconnaître, dans les deux empreintes de lépidoptère nocturne de Guettard, celles d'un *Leptæna* voisin du *L. sericea*,

accompagné d'articulations de crinoïdes que, d'ailleurs, il avait bien déterminées lui-même pour être des Entroques (1).

Depuis lors, T. Jefferson, A. Seybert, élève de Werner, Godon (2), géologue français, le colonel Gibbs, élève de l'École des mines de Paris, A. Bruce, P. Cleaveland, B. Sillimann, observateurs qui ne remontent guère qu'au commencement de ce siècle, ont publié quelques faits de détail, mais peu importants (3). L'essai que donna W. Maclure en 1809, intitulé : *Observations sur la géologie des États-Unis et explication d'une carte géologique de ce pays* (4), a été le premier travail général de quelque valeur qui fût au niveau de la science en Europe.

W. Maclure, le père de la géologie américaine, était né à Ayr, en Écosse, en 1763. Après avoir fait fortune en peu de temps dans le commerce avec les États-Unis, il s'adonna aux sciences, parcourut l'Europe, étudia la géologie à l'école de Werner, séjourna plusieurs années à Paris, puis retourna en Amérique, où, à partir de 1806, il chercha à appliquer à sa nouvelle patrie les principes qu'il avait puisés dans ses voyages. Il mourut à Mexico en 1840, à l'âge de 77 ans.

En 1809, il publia, dans les Transactions de la Société philosophique américaine de Philadelphie, le mémoire que nous venons de rappeler, et qui fut traduit en français dans le vol. LXIX du *Journal de physique et de chimie* de la Métherie, avec une lettre explicative adressée par l'auteur à ce dernier savant.

(1) Voy. aussi : *Histoire de la nouvelle France*, par le P. Charlevoix, vol. I à VI.—J. de Laët, *Des pierres précieuses et des fossiles d'Amérique particulièrement*, in-8, 1647, en latin. — H. Egede, *Gamle Groenlands uye perlustration*, in-8, Copenhague, 1729. 2e éd. in-4 avec pl., 1741.— Mitchill et Miller, *Medical repository and review of amer. publication*, etc. New-York, 1800-1803.

(2) *Observations minéralogiques faites dans les environs de Boston* en 1807 et 1808 (*Ann. du Museum*, vol. XV, p. 455, 1810. *Observations pour servir à la carte minéralogique du Maryland.* (Transact. phil. de Philadelphie.) — (*Journ. de phys.*, vol. LXVI, p. 221, 1808).

(3) Voy. J. Marcou, *Geology of north America*, p. 99; 1858.

(4) *Transact. of the Amer. philos. Society*, vol. VII, p. 411. Philadelphie, 1809.

Maclure devait, on le conçoit, suivre la classification de Werner, qui distinguait, comme on l'a vu, les roches en *primitives*, de *transition*, *secondaires* et *alluviales*. Ce système lui semble être le plus avantageux, d'abord parce que c'est celui, dit-il, dont l'application est la plus générale et la plus facile, et ensuite parce que la nature et la position relative des substances minérales aux États-Unis, là où elles sont développées sur la plus grande surface qu'on ait encore examinée, prouvent l'exactitude du système sur les rapports des différentes séries de roches.

A l'est de l'Hudson, les roches primitives dominent dans les montagnes et les terres basses, diminuant graduellement lorsqu'on s'avance vers le S. Elles sont limitées du côté de la mer par de vastes dépôts d'alluvion, et de l'autre servent de base aux dépôts de transition et secondaires qui constituent à l'ouest les montagnes de l'intérieur du continent. Au sud de la Delaware, les roches primitives se montrent d'abord après la formation alluviale océanique, constituant le gradin inférieur de cette rampe qui s'élève successivement, à travers les diverses formations, jusqu'au sommet des Alleghanys.

A l'est de l'État de New-York, la stratification affecte une direction presque N., S., et le plongement est généralement à l'E. ou vers les Montagnes-Blanches, les plus hautes du pays. Dans l'État de New-York même, ainsi qu'au sud et à l'ouest, les couches courent presque N.-E., S.-O., et plongent encore généralement à l'E. Toutes les rivières à l'orient de la Delaware coulent presque du N. au S. ou dans le sens de la stratification, tandis que celles qui sont au sud se dirigent du S.-E. au N.-O.

Dans la plus grande partie des États de l'est et du nord, la mer baigne le pied des roches primitives. A Long-Island commence la formation alluviale dont la largeur s'accroît à mesure qu'on s'avance vers le S., où elle constitue presque les deux Carolines, la Géorgie, les Florides et la basse Louisiane. Le voisinage du Gulf-stream paraît à l'auteur avoir pu contribuer à la formation de ces dépôts.

Il fait remarquer ensuite l'identité ou la ressemblance des roches prises à des distances considérables dans le sens de la stratification; tels sont les calcaires primitifs et des couches de minerai de fer magnétique que l'on peut suivre sur plus de 300 milles de long. Il en est de même pour les roches de transition et secondaires. Telle est la Chaîne-Bleue depuis l'Hudson jusqu'à la rivière Don, dont les roches sont partout semblables et comprises dans la même formation.

Aucun produit volcanique n'a été rencontré à l'est du Missisipi, ce qui n'est pas un des caractères les moins frappants des différences que présente la géologie des États-Unis avec celle de l'Europe, et ce qui fait aussi que le système de Werner s'accorde si bien avec les caractères généraux de cette partie du nouveau continent.

Maclure donne ensuite des détails plus circonstanciés sur la distribution géographique et la composition de chaque système de roches ou terrain; mais, pour compléter ici l'ensemble de ses vues, nous emprunterons à la lettre qu'il adressait à de la Métherie, en même temps que son mémoire, les passages suivants, qui feront mieux ressortir encore la justesse de son coup d'œil à beaucoup d'égards.

« ... Depuis le Saint-Laurent et les lacs jusqu'au flux et reflux « de la mer, tout le terrain est de *formation primitive;* car, sur « ce continent comme sur celui d'Europe, les roches primitives « occupent la plus grande partie des régions septentrionales.

« La variété confuse et fatigante des diverses roches, dans « presque toutes les parties de l'Europe où j'ai eu l'occasion de « les examiner, lasse la patience et met en défaut toutes conjec- « tures; au lieu que sur ce continent-ci on peut raisonner « *à priori* et conclure, sans grand risque de se tromper, qu'en « tel et tel lieu telles et telles roches se trouveront.

« Il me paraît que, par l'arrangement des substances sur ce « continent, elles ont toutes les caractères qui prouvent qu'elles « sont des dépôts formés originairement par les eaux dans un « état de repos, et que les eaux courantes ni aucun autre agent « actif, tels que le feu ou l'air sous la forme de volcans ou de

« tremblements de terre, n'ont jusqu'à présent changé ni dé-
« rangé matériellement l'ordre de cette déposition tranquille.

« Nos rivières, quoique leurs sources ne soient pas si éloi-
« gnées que celles d'Europe, sont remplies de chutes ou cata-
« ractes jusqu'aux bords mêmes de l'Océan, et ne paraissent pas
« avoir eu un cours suffisamment long pour s'être formé des
« lits. Nos montagnes, conséquemment, ne présentent pas ces
« précipices escarpés, si communs aux élévations européennes.
« Nous n'y trouvons pas non plus autant de profondes et étroites
« vallées formées par les torrents...

« Quoique nous ayons d'immenses étendues de houille ou
« charbon de terre derrière notre calcaire secondaire, et qui
« occupent quelques-unes de nos landes calcaires, dont beau-
« coup approchent, si elles ne sont pas entièrement semblables
« à ce que Werner nomme la *formation de houille indépen-
« dante*, néanmoins aucune des roches, d'une origine douteuse,
« décrites par Werner comme se trouvant dans cette formation,
« n'a été trouvée dans les formations de houille des États-Unis.
« Point de grunstein (cornéenne), comme il la nomme, avec
« l'augite et l'olivine; point d'amygdaloïde ni de porphyre ar-
« gileux (*Thon-porphyr*), dont l'origine cause l'une des grandes
« disputes entre les neptuniens et les vulcanistes.

« Toute cette série de roches décrites par Werner, sous la
« dénomination de la dernière formation trappéenne (*Flœtz-
« trapp*), manque dans ce pays; pas un morceau de vrai basalte
« n'a été trouvé en deçà du Mississipi, ni même à plusieurs
« centaines de milles à l'ouest de cette rivière. Nous n'avons
« donc point de ces roches, dont la formation occasionne la
« dispute entre les neptuniens et les plutoniens, par conséquent
« rien, d'après les opinions des uns et des autres, d'origine
« volcanique. Quelques morceaux de scories et de lave poreuse
« ont été apportés des montagnes qui divisent les eaux du Mis-
« sissipi et ces rivières qui se versent dans la mer Pacifique. On
« a trouvé de la pierre ponce près la source du Mississipi. Il est
« probable que cette partie de cette grande chaîne est volca-
« nique, et il n'est pas sans vraisemblance que ces montagnes

« soient une continuation de celles du Mexique et des chaînes « de l'Amérique méridionale.

« A l'ouest des monts Alleghanys, le grand bassin du Mis« sissipi est secondaire (*alluvial*) d'alluvion (1), et la chaîne de « montagnes qui sépare les eaux du Mississipi d'avec les rivières « sur l'Atlantique est principalement composée de calcaire se« condaire avec coquillages. »

Si, après avoir reproduit une partie du mémoire et de la lettre de Maclure, nous en cherchons l'application sur la *carte des États-Unis de l'Amérique du Nord*, insérée dans le vol. LXXII du *Journal de physique* (2), nous y reconnaîtrons ce qui suit.

Les *roches primitives* indiquées depuis l'État du Maine jusqu'en Alabama, presque d'une manière continue, formant une bande plus ou moins large dirigée N.-E., S.-O., correspondent en général aux diverses roches cristallines, éruptives, schisteuses ou métamorphiques de nos classifications actuelles. Les *roches de transition* qui constituent une bande étroite, non interrompue, dirigée de même, depuis les environs d'Albany jusqu'au pays des Choctaws (Alabama), présentent encore quelques lambeaux détachés dans le Massachusetts, entre Boston et Newport, puis une bande étroite, discontinue, presque parallèle à la précédente, au nord-ouest de Philadelphie et de Baltimore, s'en détachant ensuite pour se diriger au S.-O. dans la Caroline du Nord.

Les *roches secondaires* de l'auteur, qui occupent la presque totalité du bassin oriental du Mississipi, ou l'espace compris entre la rive gauche du fleuve et les Alleghanys, appartiennent, au contraire, aux *roches de transition* actuelles, y compris la *formation de charbon*, ou terrain houiller, regardée comme secondaire par l'école de Werner. Une bande secondaire, située à l'est, comprend les grès rouges et les poudingues de la vallée du

(1) Il y a probablement ici quelque erreur d'impression ou du copiste, le mot *alluvial* ou d'alluvion n'étant, pour l'auteur, nullement synonyme de secondaire.

(2) 1811.

Connecticut jusqu'à Newhaven, se prolonge depuis la rive droite de l'Hudson jusqu'au Rappahannock. De grandes assises de wacke et de grunstein recouvrent par places les pierres de sable, formant des monticules ou de longues crêtes. Dans la Virginie, près de ces mêmes grès, sont des dépôts de charbon dans des bassins que limitent les roches cristallines, mais dont les relations stratigraphiques sont encore incertaines pour l'auteur. Quant aux *roches d'alluvion*, qui bordent l'Atlantique depuis le Massachusetts jusqu'à la Nouvelle-Orléans, pour remonter ensuite sur la rive droite du Mississipi, elles représentent assez exactement les dépôts tertiaires et quaternaires de nos classifications, mais elles comprennent aussi certains dépôts crétacés plus anciens. Enfin, une bande laissée en blanc sur la carte accompagne la zone des roches de transition de Maclure, et la sépare de ses roches secondaires placées à l'ouest, et en partie des roches primitives du sud-est.

Ainsi, dès 1809, les États-Unis de l'Amérique du Nord possédaient une carte géologique générale, d'après la classification de Werner, et c'était le résultat des recherches d'un seul observateur mû par l'intérêt de la science et du pays. Aucun État de l'Europe n'était plus avancé. Dix ans plus tard, par le concours de nombreux travailleurs, l'Angleterre put présenter un travail beaucoup plus complet; mais la France ne vit paraître qu'en 1822 un petit Essai de carte géologique, qui n'était guère ni plus exact ni plus avancé que le travail de Maclure, lequel embrassait une surface trois fois plus grande. Ce dernier étendit ensuite ses recherches sur des points qu'il n'avait pas étudiés d'abord, et publia, en 1818, de nouvelles observations sur la géologie de ce pays, accompagnées de remarques sur l'effet probable que peut produire la décomposition des diverses sortes de roches sur la nature et la fertilité du sol (1).

(1) Observations appliquées aux différents États de l'Union pour accompagner la carte géologique de ce pays (*Transact. Amer. philos. Soc.*, vol. I, *new series*, 1818). Voy. aussi : Hosak and S. W. Francis, *The amer. med. and philos. Register*, 2 vol. in-8, New-York, 1814. — Bruce, *The*

La connaissance des grands animaux fossiles de l'Amérique du Nord a précédé de longtemps et même de tout un siècle celle de ses terrains, et, ce qui est plus particulier, celle de leurs analogues dans l'ancien continent. Dès 1712, le docteur Mather (1) annonça que des os, de dimensions énormes, avaient été découverts en 1705 à Albany (New-York), non loin de l'Hudson. On les attribuait à une race éteinte de géants, c'est-à-dire toujours la même idée se reproduisant depuis l'antiquité. Paléozoologie.

En 1739, Longueil, officier français naviguant sur l'Ohio, trouva, sur le bord d'un marais, des os, des dents et des défenses provenant d'un grand animal. Ils furent rapportés à Paris et existent encore dans la collection du Muséum. Ce sont les premiers morceaux qui aient été vus en Europe, et ils étaient alors connus sous le nom de *grand animal*, d'*Éléphant* et de *Mammouth de l'Ohio*.

Daubenton rapporta le fémur et la défense à l'Éléphant et les dents à l'Hippopotame, car il ne supposait pas que ces diverses parties pussent provenir du même animal. Des ossements semblables, recueillis dans le Canada et la Louisiane, avaient appartenu à un animal que les naturels du pays appelaient le *père aux bœufs*. Les dents à huit pointes déjà connues furent décrites, comme on vient de le dire, par Guettard en 1752, et le dessin qu'il donna d'une de celles qu'avait rapportées Longueil est la première qui ait été figurée (*antè*, p. 206).

En 1765, George Croghan (2) reconnut dans le Kentucky,

amer. miner. Journal, New-York, 1814. — B. S. Barton, *Archeologiæ americanæ telluris collectanea et specimina.*, etc., part. I, avec pl. Philadelphie, 1814-1815. — Cleaveland Parker, *An Elementary treatise on mineralogy and geology*, avec pl., Boston, 1818. — B. Sillimann, *Amer. Journ. of science*, etc. New-York, 1819. — T. W. ...., *Original letters descriptive of a natur. history. Journ on N. Amer.* (*London Magaz.*, vol. III, p. 489, etc.) Observations minér. et géol. sur les environs de New-Haven. (*Amer. miner. Journ.*, vol. I, n° 3. — *Journal de phys.*, vol. LXXV, p. 75, 1812.)

(1) *Transact. philos.*, vol. XXIX, p. 62.

(2) Extrait du journal de M. Croghan envoyé à M. Franklin. Mai 1765. — Buffon, *Époques de la nature*, p. 67, éd. de 1811.

sur les bords de l'Ohio, une grande quantité d'ossements semblables. « Nous avons passé la grande rivière de Miame, dit-il, « et le soir nous sommes arrivés à l'endroit où l'on a trouvé « des os d'Éléphants, éloigné d'environ quatre milles au sud- « est de l'Ohio. Nous vîmes de nos yeux qu'il se trouve dans ce « lieu une grande quantité d'ossements, les uns épars, les « autres enterrés à 5 ou 6 pieds sous terre, que nous vîmes « dans l'épaisseur du banc de terre qui borde cette espèce de « route frayée par les bœufs sauvages qui se rendent dans cet « endroit marécageux à certains temps de l'année. Nous trou- « vâmes là deux défenses de 6 pieds de longueur, que nous « transportâmes avec d'autres os et des dents, et l'année sui- « vante nous retournâmes au même endroit.

« Il y avait, à environ un mille et demi de l'Ohio, six sque- « lettes monstrueux, enterrés debout, portant des défenses de 5 « à 6 pieds de long, qui étaient de la forme et de la substance « des défenses d'Éléphant; elles avaient 30 pouces de circon- « férence à la racine ; elles allaient en s'amincissant jusqu'à la « pointe; mais on ne peut pas bien connaître comment elles « étaient jointes à la mâchoire, parce qu'elles étaient brisées. « Un fémur de ces animaux fut trouvé entier; il pesait cent « livres et avait 4 pieds et demi de long. Ces faits ont été con- « firmés par M. Greenwood, qui, ayant été sur les lieux, a vu les « 6 squelettes dans le marais salé. Il a de plus trouvé, au même « endroit, de grosses dents mâchelières, qui ne paraissent pas « appartenir à l'Éléphant, mais plutôt à l'Hippopotame, et il a « rapporté quelques-unes de ces dents à Londres, deux entre « autres qui pesaient ensemble neuf livres un quart. »

Buffon reproduit quelques passages des lettres de Collison (1) sur ce sujet. « Les ossements d'Éléphants se trouvent sous une « espèce de levée, ou plutôt sous la rive qui entoure et sur- « monte le marais, à 5 ou 6 pieds de hauteur; on y voit un « très-grand nombre d'os et de dents qui ont appartenu à « quelques animaux d'une grosseur prodigieuse; il y a des dé-

(1) *Magaz. de Stralsund*, p. 179. — *Récréations minér.*, vol. V, p. 223.

« fenses qui ont près de 7 pieds de longueur et qui sont d'un « très-bel ivoire ; on ne peut donc guère douter qu'elles n'aient « appartenu à des Éléphants; mais, ce qu'il y a de singulier, c'est « que jusqu'ici on n'a trouvé parmi ces défenses aucune dent « molaire ou mâchelière d'Éléphant, mais seulement un grand « nombre de grosses dents dont chacune porte 5 ou 6 pointes « mousses, lesquelles ne peuvent avoir appartenu qu'à quel- « que animal d'une énorme grandeur, et ces grosses dents car- « rées n'ont point de ressemblance aux mâchelières d'Éléphants, « qui sont aplaties et quatre ou cinq fois aussi larges qu'é- « paisses; en sorte que ces grosses dents molaires ne res- « semblent aux dents d'aucun animal connu. »

Après ces citations, Buffon fait voir que ces dents à pointes mousses ne peuvent être non plus des dents d'Hippopotame, et il en donne des figures très-reconnaissables d'après les échantillons existant au Muséum, ainsi que d'une autre beaucoup plus grosse encore, pesant onze livres quatre onces, donnée par M. de Vergennes, comme provenant de la petite Tartarie. Après avoir rappelé que des dents semblables ont été rencontrées en Sibérie et au Canada aussi bien que celles d'Éléphants et d'Hippopotames, il ajoute (p. 73) : « On ne peut donc pas « douter qu'indépendamment de l'Éléphant et de l'Hippopotame, « dont on trouve également les dépouilles dans les deux conti- « nents, il n'y eût encore un autre animal commun aux deux « continents, d'une grandeur supérieure à celle même des plus « grands Éléphants, car la forme carrée de ces énormes dents « mâchelières prouve qu'elles étaient en nombre dans la mâ- « choire de l'animal, et, quand on n'y en supposerait que 6 ou « même 4 de chaque côté, on peut juger de l'énormité d'une « tête qui aurait au moins 16 dents mâchelières pesant chacune « dix ou douze livres. » Nous allons voir que ces dernières conclusions de Buffon étaient moins fondées que les premières.

Ces débris de mammifères pachydermes furent en Europe le sujet de nombreuses dissertations de la part des anatomistes jusqu'à Cuvier, qui, après une étude approfondie, leur assigna le nom générique de Mastodonte ou d'animal à dents

mamelonnées, et désigna l'espèce des bords de l'Ohio sous le nom de *M. giganteum*. Ce fut sur des matériaux envoyés au Jardin des Plantes par le Président des États-Unis Jefferson que notre grand anatomiste fit son travail. Ces matériaux consistaient en 1 défense, 2 demi-mâchoires, 1 tibia, 1 radius, tarse et métatarse, des phalanges, des côtes et des vertèbres.

Les ossements se rencontrent généralement dans des endroits marécageux où sourdent des eaux salées qui attirent encore aujourd'hui les animaux, surtout les cerfs, et la localité d'où provenaient ceux envoyés en 1806 par M. Jefferson, qui est une des plus célèbres, est appelée *Big-bone-Strick* ou *Great-bone-Lick*. Elle est située dans le Kentucky, à 4 milles au sud-est de l'Ohio, presque vis-à-vis de la rivière Grande-Miame. Les os sont dans la vase noire d'un marais placé entre deux collines, à 1 m. 25 cent. de profondeur, et associés avec d'autres espèces (1). On en trouve d'ailleurs de semblables dans toute l'Amérique du Nord (2).

Cuvier, après avoir révoqué en doute l'origine des dents

(1) Voy. G. Turner, *Mam. of the extraneous fossils denominated Mammouth bones*. Philadelphie, 1799. — R. Peal, *Account of the skeleton of the Mammouth*, in-4 Londres, 1802. *Philos. magaz.* de Tilloch, n° 46, nov. 1802, *Journ. de phys.*, vol. LVI, p. 150, 1803. — L. Valentin, Notice sur le *mamoth* ou *mammouth*, trouvé en 1800 dans les comtés d'Orange et d'Ulster (État de New-York). L'auteur annonce aussi l'existence du *Megalonyx* dans le Tennessee et du *Megatherium* dans le comté d'Ulster (*The med. Repository of New-York*, vol. IV. — 3e éd. franç. de la *Géographie* de Guthrie, vol. VI, p. 225-262. — *Journ. de phys.*, vol. LIV, p. 200, 1802. De Lamanon (*Journ. de phys.*, vol. XXII, p. 35, 1783) rappelle que Roberston parle des grands animaux fossiles de l'Ohio dans son *Histoire d'Amérique*, vol. II, p. 34, *nota* (1778), et cite le journal du colonel G. Croghan (*Philos. transact.*, vol. LVIII, p. 34). P. de la Coudrenière (*Journ. de phys.*, vol. XIX, p. 363, 1782) rapporte que l'animal connu des Groenlandais sous le nom de *grand ours noir* pourrait être le Mastodonte et existerait encore dans le pays, ce que rien n'a confirmé depuis (*Hist. génér. des voyages*, vol. XIX, p. 39). — *Historical disquisition on the Mammouth*, ib., 1803.

(2) Voy. pour ces diverses localités, Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. II, p. 261 et suiv., et pour l'énumération des pièces envoyées par Jefferson, *Journ. de phys.*, vol. LXVII, p. 330, 1808.

tuberculeuses rapportées de Sibérie, disait-on, par l'abbé Chappe, celle qui avait été trouvée dans la petite Tartarie et celle figurée par Pallas, qui pourrait avoir appartenu à une autre espèce (1), mentionne la plupart des localités des États-Unis où des restes de Mastodonte avaient été signalés jusqu'à l'époque de ses premiers travaux, et il insiste particulièrement sur la découverte faite, en 1805, par l'évêque Madison, d'un gisement situé dans le bassin de l'Ohio, comté de Wythe (Virginie).

A 1m,80 au-dessous de la surface du sol, sur un banc calcaire, gisaient des os assez nombreux, « des dents pesant jus« qu'à 17 livres; mais, ce qui rend cette découverte unique « parmi les autres, c'est qu'on recueillit, au milieu des os, une « masse à demi broyée de petites branches, de graminées, de « feuilles, parmi lesquelles on crut reconnaître surtout une « espèce de roseau encore aujourd'hui commune en Virginie, « et que le tout parut enveloppé dans une sorte de sac que l'on « regarde comme l'estomac de l'animal; en sorte qu'on ne douta « point que ce ne fussent les matières mêmes dont cet individu « s'était nourri. »

Des débris de ce grand Mastodonte ont été rencontrés sur une foule de points. Ainsi, outre ceux dont nous avons déjà parlé, nous citerons les bords de l'Hudson et de la Wallkill (New-York), où deux squelettes ont été découverts en 1801; puis Chester, près de Goshen, le comté d'Orange et celui de Rockland, la Pennsylvanie, le New-Jersey, les bords de la rivière York (Virginie), 6 milles à l'est de Williamsbourg, Wilmington, Mewburn (Caroline du Nord), la Caroline du Sud, à 15 milles de Charleston, point le plus méridional, à l'est des Alleghanys, où l'on en ait observé jusqu'alors. Mais ils se représentent dans la Louisiane, et l'on sait qu'ils s'étendent au nord jusqu'au 43e degré de latitude, sur les rives du lac Érié.

Partout ces ossements sont à une faible profondeur, non rou-

(1) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. II, p. 257.

lés, et, quelquefois, (le long de la rivière des Grands-Osages), les animaux étaient placés debout, comme s'ils avaient été simplement enfouis dans la vase. Ils sont fortement imprégnés de solutions ferrugineuses, et nulle part ne sont accompagnés de débris d'animaux marins.

Cuvier se livre ensuite à un examen approfondi des diverses parties du squelette, en commençant par les dents. Il fait voir, relativement à la succession de ces dernières, que, comme dans les Éléphants, elles n'ont jamais existé toutes ensemble. Elles se suivaient d'avant en arrière, de telle sorte qu'il n'y en avait pas plus de deux à la fois fonctionnant de chaque côté, et à la fin même il n'y en avait plus qu'une, comme dans l'Éléphant. Le nombre effectif des mâchelières, qui, dans la jeunesse, pouvait être de huit, n'était donc que de la moitié à la fin de la vie. Ce résultat diminue, par conséquent, beaucoup les dimensions que Buffon avait attribuées à ces animaux, en leur supposant seize dents semblables fonctionnant ensemble. Après avoir ensuite étudié les diverses parties de la tête, les défenses, les os du tronc, ceux des extrémités antérieures et postérieures, le célèbre anatomiste se résume comme il suit (p. 324) :

Le grand Mastodonte de l'Ohio était fort semblable à l'Éléphant par ses défenses et toute l'ostéologie, les mâchelières exceptées; il avait très-probablement une trompe; sa hauteur ne surpassait pas celle de l'Éléphant, mais il était un peu plus allongé, avait les membres plus épais et le ventre plus mince; malgré ces ressemblances, le caractère particulier de ses molaires suffit pour en faire un genre distinct. Il se nourrissait à peu près comme l'Hippopotame et le Sanglier, choisissant de préférence les racines et les autres parties charnues des végétaux, ce qui devait l'attirer vers les terrains humides et marécageux. Il n'était conformé ni pour nager ni pour vivre longtemps dans l'eau, comme l'Hippopotame, et devait être un animal essentiellement terrestre. Ses ossements, beaucoup plus communs dans l'Amérique septentrionale que partout ailleurs, peut-être même exclusivement propres à ce pays, sont mieux conservés et plus frais qu'aucun des autres fossiles connus, et

cependant il n'existe aucune preuve qu'il y ait encore des Mastodontes vivants à la surface de la terre.

C'est avec les restes de cet animal, et surtout dans la localité de Bick-bone-Lick, déjà citée en Kentucky, que M. Clarke recueillit, en 1807, des restes d'Éléphant, dont le Président Jefferson envoya plusieurs échantillons au Muséum, entre autres trois mâchelières bien caractérisées. On en a rencontré de semblables et dans les mêmes conditions sur d'autres points des États-Unis, dans le comté de Wythe en Virginie (1818), dans la Louisiane, non loin de l'embouchure du Mississipi, dans le marais de Biggin (Caroline du Sud), le long d'un affluent de la Susquehannah, etc. (1). M. R. Peale (2) n'a pas hésité à regarder cette espèce d'Éléphant comme identique avec celle de Sibérie et d'Europe, dont nous avons parlé et que nous verrons désignée sous le nom d'*Elephas primigenius*. Si, d'un autre côté, on se rappelle que des restes de ces grands pachydermes ont été observés sur la côte d'Amérique, au nord du détroit de Bering, au delà du cercle polaire, par de Chamisso qui accompagnait Kotzbue, on comprendra qu'ils aient pu se répandre au sud jusque dans la région où on les trouve associés au Mastodonte. C'est, d'ailleurs, une association qui, jusqu'à présent, ne s'est pas encore rencontrée dans l'ancien continent, où tous les Mastodontes appartiennent à des dépôts antérieurs à la période quaternaire. Quand même l'espèce d'Éléphant, comme quelques personnes le pensent, ne serait pas la même de part et d'autre, la remarque n'en subsisterait pas moins, et les Mastodontes auraient vécu plus longtemps sur le nouveau continent que sur l'ancien.

Le 10 mars 1797, l'ancien Président des États-Unis, Jefferson, annonça à la Société philosophique de Philadelphie (3) qu'on avait découvert à 2 ou 3 pieds de profondeur, dans la caverne de Green-Briar, dans l'ouest de la Virginie, des osse- Mégalonyx.

(1) Voy. Cuvier, *Rech. sur les ossem. foss.*, vol. VIII, p. 149.
(2) *Histor. disquisition on the Mammouth*, p. 68.
(3) *Transact. philos. Soc. of Philadelphia*, vol. IV, p. 246, n° 30.

ments fossiles d'un animal inconnu. Washington lui en avait donné avis le 7 juillet de l'année précédente, et ces restes, réunis à d'autres qui lui furent communiqués, consistaient en un fragment d'os long (fémur ou humérus), un radius, un cubitus, trois ongles et d'autres os des extrémités.

En comparant ces os avec leurs analogues dans le Lion, Jefferson pensa qu'ils provenaient d'un grand carnassier, qu'il nomma *Megalonyx*, à cause de la dimension de ses ongles. Il lui assigna une hauteur de 5 pieds, et le regarda comme ayant dû être un ennemi terrible pour son contemporain le Mastodonte.

Le professeur Wistar, qui décrivit ensuite ces os (1), remarqua qu'il devait, au contraire, exister une certaine analogie entre le pied du Mégalonyx et ceux des Paresseux actuels. Vers le même temps, Peale, fondateur du Muséum de Philadelphie, fit parvenir à G. Cuvier un moulage très-exact des os indiqués par Jefferson, et quelques autres matériaux recueillis dans la même caverne furent rapportés par Palisot de Beauvois.

Ce sont les caractères de la phalange onguéale qui ont surtout servi à rapprocher cet animal des édentés et à l'éloigner des carnassiers. Dans les premiers, en effet, l'articulation est disposée de manière que la flexion puisse se faire en dessous, et c'est l'inverse dans les *Felis*. Ce qui distingue les phalanges des Paresseux, des Fourmiliers et des Cabassous se retrouve ici, de même que la forme générale. En outre, l'inégalité des phalanges est encore un caractère qui éloignerait le Mégalonyx des *Felis* et des Paresseux, tandis qu'on l'observe chez les Cabassous et les Fourmiliers vivants.

Bien que l'on doive être habitué, lorsqu'on étudie les travaux d'ostéologie comparée de Cuvier, aux véritables tours de force qu'il accomplit avec sa méthode de la corrélation des parties, la reconstruction de la main du Mégalonyx avec quelques phalanges isolées est une merveille de sagacité. Il en déduit qu'elle a dû appartenir à un édenté, et l'examen du radius

(1) *Transact. philos. Soc. of Philadelphia*, n° 76. — Cuvier, *Rech. sur les ossem. fossiles*, vol. VIII, p. 304.

et du cubitus le conduit à la même conclusion. On sait que les dents des Ratons et celles des Paresseux sont de simples cylindres de substance osseuse enveloppée d'un étui de substance émailleuse; la couronne, en s'usant, laisse un creux entouré d'un rebord saillant. Or, ces caractères se retrouvent encore dans les dents du Mégalonyx, dont la taille aurait été celle d'un grand Bœuf.

Enfin, un autre édenté gigantesque, dont nous traiterons plus en détail dans la section suivante, le *Megatherium*, a vécu aussi, dans l'Amérique du Nord, avec les mammifères précédents. Le docteur Mitchill en a signalé des dents recueillies dans l'île de Skidaway, sur la côte de Géorgie, où W. Cowper a trouvé peu après, dans un marais, un assez grand nombre d'os de diverses parties du même squelette (1). Mégatherium.

Tels sont à peu près les résultats principaux et encore peu nombreux des recherches géologiques et paléontologiques exécutées, jusque vers 1820, dans l'Amérique du Nord.

Dans son mémoire sur la géologie des Antilles, Cortès (2) décrit d'abord la Guadeloupe comme étant divisée en deux parties par la rivière Salée : l'une, la Guadeloupe proprement dite, entièrement volcanique, atteint 723 toises d'altitude, et présente 15 anciens cratères dont un, la Soufrière, manifeste encore quelque activité; l'autre partie de l'île, ou la Grande-Terre, n'atteint que 360 pieds au-dessus de la mer; elle est exclusivement formée de matières calcaires coquillières. Les restes d'animaux qu'on y trouve proviennent d'êtres analogues Les Antilles.

(1) Ann. du lycée d'hist. natur. de New-York, mai 1824. — Cuvier, *Recherches*, etc., vol. VIII, p. 338.

(2) *Journ. de phys.*, vol. LXX, p. 129, 1810. — Voy. aussi : N. Nugent, *A Sketch of the geol. of Island of Antigoa*, avec carte, *Transact. geol. soc. of London*, vol. V, p. 459, 2e part., 1821. L'auteur mentionne des marnes, des conglomérats, des cherts et des trapps. De Genton, *Essai de minéralogie de l'île de Saint-Domingue* (partie française), *Journ. de phys.*, vol. XXXI, p. 173, 1787. Les granites très-variés forment la base des montagnes, puis viennent au-dessus des calcaires bien stratifiés et des grès avec des fossiles d'apparence tertiaire. Des substances minérales variées sont assez répandues dans ce pays. *Mémoire sur un squelette humain fossile de la Guadeloupe*, par Ch. Konig. (*Transac. philos.*, 1814 — *Jour. de phys.*, vol. LXXIX, p. 195, 1814. — *Ib.*, *p.* 295.)

à ceux qui peuplent encore les mers voisines, d'où l'auteur conclut que la mer a dû s'abaisser de 360 pieds. Ces dépôts sont recouverts d'une argile remplie de cristaux de quartz, de fer hématite globuleux et de fragments de lave roulés. A la Martinique, les pierres coquillières recouvrent les laves qui ont dû s'épancher sous l'eau.

Cortès divise les Antilles en quatre classes sous le rapport de leur constitution géologique.

La première classe comprend les îles composées en partie de matières dites primitives, et en partie volcaniques et calcaires. Ce sont les Grandes Antilles : la Trinité, Porto-Rico, Cuba, Saint-Dominique et la Jamaïque.

La seconde, les îles entièrement volcaniques : la Grenade, Saint-Vincent, Sainte-Lucie, la Martinique, la Dominique, les Saintes, la Guadeloupe proprement dite, Montserrat, Saint-Christophe, Saba.

La troisième classe, les îles entièrement calcaires : Marie-Galante, la Désirade, Curaçao, Bonaire, et en général les îles et les îlots peu élevés.

La quatrième, les îles en partie dues aux feux volcaniques et en partie aux substances calcaires organiques : Antigoa, Saint-Barthélemi, Saint-Martin, Saint-Thomas, etc.

L'auteur revient ensuite sur l'abaissement de la mer, qu'il suppose avoir été de beaucoup plus de 360 pieds. C'est à l'entassement successif des matières volcaniques que les îles doivent leur élévation actuelle jusqu'à 800 toises, qui est la limite des sommets volcaniques de l'archipel. Tous les volcans des Antilles brûlèrent alors en même temps et probablement ceux de l'Amérique méridionale entre les tropiques, et, si ceux de l'Amérique du Sud se trouvaient alors dans leur plus grande énergie, toute la zone torride devait présenter un embrasement général. Après cette époque, continue Cortès, la mer s'est retirée progressivement, laissant à découvert les îles calcaires, et le nouveau monde dut se trouver tel que nous le voyons. Cortès donne ensuite des détails particuliers sur les minéraux de la Guadeloupe et de la Martinique.

§ 3. Amérique méridionale.

Ce que l'on savait sur la géologie de l'Amérique centrale et méridionale, à l'époque où finit notre revue historique, se réduit à peu près aux recherches d'Alex. de Humboldt, exécutées soit par lui seul, soit avec Bonpland, du mois de juin 1799 au mois de juin 1804.

A l'exception d'un *Essai de passigraphie géognostique*, accompagné de tables qui indiquent *la stratification et le parallélisme dans les deux continents*, essai destiné à l'Institut royal des mines de Mexico, et qui n'avait pas été l'objet d'une publication régulière, puis d'un mémoire inséré dans le *Journal de physique* (1), où de Humboldt donna aussi l'*Esquisse d'un tableau de la géologie de l'Amérique méridionale*, ce ne fut que dans un article du *Dictionnaire des sciences naturelles*, article imprimé séparément, en 1826, sous le titre d'*Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, que se trouvent rassemblés et coordonnés tous les matériaux relatifs à la géologie des immenses surfaces qu'il avait parcourues et observées. Mais ces matériaux étant disséminés et comme fondus au milieu de toutes les données acquises sur l'Europe, il serait assez difficile d'en extraire aujourd'hui ce qui concerne seulement l'Amérique. Dans son *Voyage aux régions équinoxiales*, comme dans son *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, de Humboldt a aussi donné de précieuses indications pour les géologues venus après lui.

Afin qu'on puisse juger de la manière dont il entendait a géologie stratigraphique, nous emprunterons ce qui suit à son mémoire de 1801, écrit sur les lieux mêmes.

Après avoir exposé les caractères orographiques ou physiques de la Colombie, et, en particulier, de la province de Caracas et des chaînes côtières bordant le golfe du Mexique, il passe à l'exa-

(1) Vol. LIII, p. 30, 1801.

men de la direction et de l'inclinaison des strates. Il constate que la première est constamment N.-E., S.-O., et la seconde au N.-O. « Cette grande uniformité dans les deux mondes, continue-t-il, doit faire naître des réflexions sérieuses ; elle nous présente un grand fait géologique. Ainsi, les directions des couches ne sont pas celles des chaînes de montagnes, et les inclinaisons ne répondent pas nécessairement aux pentes de ces dernières. Il faut convenir que cette uniformité indique une cause très-ancienne, très-universelle, très-fondée, dans les premières attractions qui ont agité la matière, pour l'accumuler dans des sphéroïdes planétaires. Cette grande cause, ajoute-t-il, n'exclut pas l'influence des causes locales qui ont déterminé de petites portions de matière à s'arranger de telle ou telle manière, selon les lois de la cristallisation. De la Métherie a judicieusement indiqué ces phénomènes, cette influence d'une grande montagne comme noyau sur ses voisines plus petites, » etc. Ainsi, cette idée de cristallisation des montagnes, que nous avons vu de Saussure adopter d'abord, que nous verrons de la Métherie professer et développer, avait aussi gagné à ce moment l'illustre disciple de Werner.

« J'ai trouvé, dit-il plus loin (p. 48), une immense quantité de pétrifications dans un grès calcaire qui couvre les pentes nord et sud de la côte de Vénézuela, depuis la cime de Saint-Bernardin à los altos de Conoma jusqu'au Cerro de Méapiré ou la pointe de Puria et la Trinité. Le même dépôt paraît se représenter à la Grande-Terre de la Guadeloupe. Un nombre prodigieux de coquilles marines et terrestres, de cellulaires, de corallines, de madrépores, d'astroïtes, sont agglutinés par le grès. Les coquilles sont à demi brisées. Des bancs entiers sont formés de ces débris presque réduits en poudre. Ces dépôts récents s'étendent jusqu'à 9 et 10 lieues de la côte. »

Plus rarement et occupant des positions différentes, on trouve des coquilles pétrifiées dans un calcaire plus solide. Ce sont des Anomies et des Térébratules accumulées par places et que l'on rencontre jusqu'à des altitudes de 800 toises. Les Ammonites et les Bélemnites n'ont été observées nulle part

dans ce pays où de Humboldt décrit successivement (p. 51) les roches primitives (*Urgebirge*), les roches qui font le passage des primitives aux secondaires (*Uebergang Formation*, Wern.), et les roches secondaires (*Flœtzgebirge*). Ces formations secondaires, plus récentes que l'apparition des êtres organisés, se suivent dans leur ancienneté relative comme celles qui couvrent les plaines de l'Europe, et que nous avons vues énumérées dans le mémoire de de Buch, sur le comté de Glaz, que de Humboldt se plaît à rappeller ici.

Il annonce avoir reconnu *deux formations de roches calcaires* denses, une formation de gypse feuilleté et une autre mêlée avec de l'argile muriatifère et pétroléenne (le *Salzthon*), et l'argile schisteuse; puis deux formations de grès, l'une plus ancienne, presque sans coquilles, à gros et à petits grains : c'est le grès des Llanos; l'autre remplie de fossiles, très-récente et cependant, dit-il, passant à la roche dense.

De Humboldt représente comme il suit la charpente du globe dans l'Amérique méridionale, ou l'ancienneté relative des couches primitives et secondaires dans les deux cordillères de Vénézuela et de la Parime, et les deux grandes vallées de l'Orénoque et de l'Amazone.

ROCHES PRIMITIVES.	ROCHES SECONDAIRES.
Schistes porphyritiques (*Porphyrschiefer*).	Grès rempli de coquilles du monde actuel.
Amygdaloïdes avec des leucites.	Grès sans coquilles, conglomérat.
Trapp primitif avec olivine (*Grunstein*).	Gypse grenu et feuilleté.
Ardoise mêlée de cornéenne (*Übergang-Thonschiefer*).	Calcaire dense, pierre lydienne et pierre de corne.
Ardoise primitive avec des couches d'alun natif.	Calcaire dense passant au feuilleté, filons de spath calcaire et argile bitumineuse.

Schiste micacé avec grenats et couches de plombagine schisteuse.
Granite feuilleté, gneiss avec des couches de calcaire primitif.
Granite en masse, mêlé souvent avec du jade et de la plombagine.

« Ce profil indique la manière dont les différentes for-« mations sont superposées les unes sur les autres; il indique « leur âge et non la hauteur des montagnes. »

Si, maintenant, nous parcourons l'*Essai géognostique sur le gisement des roches*, nous verrons que ces recherches, faites par un homme aussi éminent, sont la meilleure preuve de l'insuffisance des principes de Werner, lorsqu'il s'agit de comparer les roches sédimentaires de deux continents ou de pays très-éloignés. A quoi servent alors de simples superpositions et les caractères minéralogiques seuls? A voir partout du *zechstein*, du *calcaire alpin*, du *grès rouge*, etc., expressions dont la valeur est d'autant moindre qu'on s'éloigne davantage du pays où elles ont été appliquées d'abord, et qui deviennent absolument nulles quand il s'agit de comparer les deux continents que sépare l'Atlantique. Ayant déjà eu occasion de rappeler cette partie des travaux de l'illustre savant prussien, nous n'y reviendrons point ici (1).

Ainsi, au point de vue où nous nous plaçons, l'*Essai sur le gisement des roches dans les deux hémisphères* nous est d'une faible utilité, car la mention répétée çà et là de *coquilles*, de *fossiles*, ou d'autres dénominations aussi vagues, ne peut nous éclairer sur l'âge des couches qui les renferment. Mais il n'en est pas de même d'un travail fait avec les matériaux rapportés par ce grand voyageur, et dont la publication tardive (1839) nous servira de point de départ pour traiter de la paléontologie du continent méridional américain.

Paléo-zoologie.

Quant aux documents particuliers relatifs aux animaux fossiles déjà signalés sur divers points de cette vaste étendue de pays, ils ne laissent pas que d'être assez nombreux, et nous les énumérerons en commençant par ceux qui traitent des restes d'animaux invertébrés; nous passerons ensuite à ceux des grands mammifères qui, depuis longtemps aussi, ont donné à quelques parties de l'Amérique du Sud une certaine célébrité.

Animaux invertébrés.

On lit, dans l'*Histoire des navigations aux terres australes* (2), qu'un voyageur anglais, nommé Narborough, vit, en 1670, au port Saint-Julien en Patagonie, un grand nombre

(1) Voy. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 522 à 540; 1853.
(2) Vol. II, p. 129.

d'Huîtres fossiles. En 1745, les jésuites Cardiel et Quiroga remarquèrent, dans cette même partie de la Patagonie, que les pierres étaient presque entièrement composées d'Huîtres pétrifiées (1).

Dans la Cordillère Bolivienne, vers le 20° latitude, Alonzo Barba (2) rencontra, sur le chemin de Potosi à Oronesta, des pierres remplies de coquilles de toutes les formes et de toutes les dimensions. En 1748, don Antonio de Ulloa (3) décrit, d'une manière très-détaillée, les fossiles qu'il a observés au sud du Chili, le long de la côte du Pacifique, de Talcaguano à la Conception, jusqu'à la distance de 5 lieues dans les terres. Ils constituent une couche de 4 à 6 mètres d'épaisseur, sans aucun mélange de sable ni de marne, et qui s'élève jusqu'à 100 mètres au-dessus de l'Océan. L'auteur regarde ces coquilles comme identiques avec celles qui vivent encore dans la mer voisine, et il en déduit la preuve du déluge universel.

Plus au nord, lors de son second voyage en 1761, Ulloa visita les mines de mercure de Guanca-Velica, au Pérou, et y trouva, dans les roches qui avoisinent l'exploitation, des coquilles, et, entre autres, des *Pecten*, à une altitude de 4330 mètres, circonstance qui, comme nous le dirons, conduisit Buffon à une supposition complétement inadmissible (4). Ulloa donne, d'ailleurs, les détails les plus circonstanciés sur le gisement de ces fossiles. Il fait observer que les coquilles trouvées dans le banc même qui renferme le mercure n'ont point leur test libre comme celles de la Conception, mais font corps avec la roche. La plupart sont des bivalves de 1 à 4 pouces de diamètre; les plus petites

(1) *Diario de un viage à la costa de la mar Magellanica.* Coleccion de Angelis, vol. I, p. 3.

(2) Lib. I, cap. XVII. — Voy. aussi la traduction française d'Ulloa dans ses *Noticias americanas*, p. 372.

(3) *Relacion historica del viage à la America meridional*, vol. III, lib. II, cap. VI, p. 324.

(4) La première indication de ce fait paraît n'avoir été publiée en Europe qu'en 1768. Voy. Monlet, citant de la Condamine, qui annonce que des cornes d'Ammon ont été trouvées sur les plus hautes montagnes de l'Amérique. (*Mém. de l'Académie roy. des sciences* pour 1768.)

sont convexes des deux côtés, les autres sont ce qu'on appelle des coquilles de pèlerins (*Pecten*). Il y en a d'autres planes et en spirale, qui ont 5 pouces de diamètre et une ligne d'épaisseur. Les pluies et les gelées altèrent les roches, les fossiles se détachent de la pierre et roulent dans les ravins avec des silex et des bois pétrifiés. Il conclut de ses diverses observations que, les deux valves des coquilles étant réunies, l'animal qui les a formées était vivant lorsqu'elles ont été enfouies; que la roche ne devait pas être solide alors, mais semblable aux vases de la mer; que le climat était plus doux que celui d'aujourd'hui à cette élévation, et que le sol ne devait pas être non plus au niveau qu'il occupe actuellement. Des révolutions différentes de celles dont nous sommes témoins ont dû porter ces fossiles sur ces hautes montagnes, et, par suite, le nouveau continent serait, en réalité, le plus ancien.

En 1787, Molina (1) signala le premier des fossiles dans la Cordillère du Chili, au sommet du Descabezado, puis dans le voisinage de la mer, près de Coquimbo. Dans les plaines qui environnent cette ville, on a découvert, dit-il, un marbre coquillier blanc, un peu grenu à une faible profondeur. Les coquilles sont plus ou moins entières, et lui donnent l'aspect d'une véritable lumachelle.

En 1806, Luis de la Cruz (2) rencontra aussi à l'est de la chaîne, entre Tilqui et Anquinco, des coquilles univalves et bivalves.

Dans la partie nord du continent, dans le Vénézuela et la Nouvelle-Grenade, on n'avait encore signalé aucun fossile avant les voyages d'Alex. de Humboldt, qui en mentionne sur le littoral de Cumana à la Guayara, près de Caracas, dans la Colombie, les provinces de Socorro, de Santa-Fé etc. (3). En 1802, il

(1) *Saggio sulla storia civile del Chili*. Bologne, 1787, lib. II, cap. XIV. — Trad. française, p. 38-41.

(2) *Viage desde el fuerte de Ballenar, provincia de Concepcion, hasta Buenos-Ayres*. Coleccion de docum. de Angelis, vol. I, p. 77.

(3) *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent*, vol. III, p. 12, et *passim* dans les suivants.

découvrit beaucoup de fossiles entre les deux chaînes orientale et occidentale, depuis Montan jusqu'à San Felipe.

Les coquilles, dit-il dans un extrait de son journal de voyage qui a été publié longtemps après, mais que nous rapporterons ici, ne sont pas distribuées uniformément dans les couches, mais paraissent être accumulées en bancs dans les endroits où on les rencontre. Tels sont les environs de San Felipe, à 5° 1/2 au sud, et les collines entre Guambos et Montan. A Montan même on les trouve associées à une immense quantité d'Huîtres, et assez souvent avec des Ammonites de 8 à 10 pouces de diamètre. Ces couches coquillières ont été retrouvées le long de la chaîne par Miquipampa et Guolgajoc, vers Guamachuco, etc., jusqu'à Caxatambo, où l'on rencontre une immense quantité de coquilles à près de 4000 mètres de hauteur, puis suivent immédiatement les roches coquillières de Guanca-Velica et leur prolongement vers Cuzco.

Ce ne fut que plus de trente ans après ces découvertes que ces fossiles, recueillis et rapportés en Europe par Alex. de Humboldt, furent étudiés par un géologue non moins célèbre, mais mieux pénétré de l'importance des principes de la paléontologie stratigraphique. Ils permirent alors, comme nous le dirons, d'assigner leur âge véritable à ces grands systèmes de roches secondaires des Andes, et ils apportèrent, dans cette partie du globe, la première confirmation de la parfaite exactitude de ces principes.

Animaux vertébrés.

De même que dans l'ancien continent, les fables qui se rattachent à des races de géants avaient pour origine, en Amérique, l'existence d'ossements de grands quadrupèdes; et, pour la plupart des renseignements qui s'y rapportent, nous renverrons le lecteur à la *Gigantologia espanola*, du père Terrubia, dont nous avons parlé ci-dessus (p. 201). Ces croyances, suivant Cieça de Léon (1), qui écrivait en 1554, existaient surtout chez les habitants de Santa-Elena, au nord de Guayaquil, où, suivant un

(1) *Chronica del Peru*, cap. LII; 1554.

voyageur plus récent, Joseph de Jussieu (1), les ossements sont enfouis dans un dépôt d'alluvion. D'après Herrera (2), des géants peuplaient aussi Tlascala, au Mexique, et il en existait dans le Yucatan. Tous les historiens qui ont écrit depuis la conquête, tels que Carate (3), Acosta (4), Diego d'Avalos (5), etc., signalent la présence de grands ossements dans ces divers pays. Torquemada (6) possédait une dent mâchelière qui pesait plus de 2 livres; et, suivant Herrera (7), Fernand Cortez en envoya au roi d'Espagne dès les premiers temps de l'occupation du pays par ses compagnons.

Dans la partie sud du continent, Diego de Avalo y Figuroa (8) annonça, dès 1602, que l'on rencontrait beaucoup d'ossements fossiles aux environs de Tarija, en Bolivie, et, un siècle et demi plus tard, J. de Jussieu les signalait également. Vers le même temps, le jésuite Guevarra (9) s'occupa de la question des pygmées et des géants, et Falkner (10) indiqua des ossements humains, de grandes dimensions, sur les rives du Carcarañan, l'un des affluents occidentaux du Parana, ainsi que des dents molaires de 3 pouces de diamètre à la base.

Édentés. — Glyptodon.

Ce dernier, en décrivant les pampas en 1770, dit qu'il a trouvé la coquille d'un animal, laquelle était composée d'os de forme hexagone, dont chacun avait moins d'un pouce de diamètre. La carapace avait environ 9 pieds de long et ressemblait à celle des Tatous actuels, mais avec des dimensions bien plus considérables. Il est probable qu'il y a quelque exagération de

(1) 1761. Lettre à son frère Bernard de Jussieu.
(2) *Historia gener. de los hechos de los Castellanos.* Dec. II, p. 161, 1615. — Dec. III, p. 59. — Dec. IV, lib. X, chap. IV.
(3) *Conquista del Peru,* 1555.
(4) *Historia de Indias,* lib. VII, cap. III, p. 457.
(5) *Miscellanea austral. Coloquio* XXXIII, p. 147, 1602.
(6) *Monarchia indiana,* vol. I, lib. I, cap. XIII.
(7) *Loc. cit.* Dec. III, p. 79.
(8) *Miscellanea austral. Coloquio* XXXIII, p. 147, Lima, 1602.
(9) *Historia del Paraguay, Rio de la Plata y Tucuman,* p. 8.
(10) *Description des terres magellaniques* (trad. de Lausanne), vol. I, p. 78.

la part du jésuite voyageur à ce dernier égard, et plus encore sur ce que dit Manoel Ayres de Cazal (1), qui aurait trouvé près de Rio das Contas (Brésil) la cuirasse d'un animal de plus de trente pas de long. Les côtes avaient une palme et demie de large; une dent molaire, sans sa racine, pesait quatre livres, et il fallut quatre hommes pour détacher la mâchoire inférieure.

Il s'écoula soixante ans avant qu'on sût à quoi s'en tenir sur cette découverte. En 1833, une carapace semblable, mais moins grande, fut trouvée sur les bords du Pedernal, dans le gouvernement de Monte-Video, et devint l'objet de discussions fort animées, parce qu'on la rapportait à un autre genre d'édenté.

Ces Tatous fossiles reçurent de M. R. Owen le nom de *Glyptodon*, à cause de leurs dents sculptées et plus compliquées que celles des genres voisins de la même famille. Elles portent deux cannelures longitudinales profondes, latérales, qui les divisent en trois parties. Chaque mâchoire a 8 dents semblables de chaque côté. La mâchoire inférieure, dont l'angle se relève beaucoup, a sa branche montante très-haute, et le condyle est aussi élevé que l'apophyse coronoïde. Les pieds très-courts ont 5 doigts, dont 4 sont garnis d'ongles aplatis.

Le corps est recouvert de plaques osseuses, constituant par leur réunion une véritable cuirasse, mais non disposées par bandes comme dans les Tatous. Ces plaques hexagones sont unies par une suture dentée et présentent en dessus de doubles rosettes. Celles de la queue sont verticillées et chaque verticille se compose de deux rangées.

Jusqu'à ce qu'on eût trouvé ces plaques recouvrant les os du squelette, on les attribuait au *Megatherium*. Les espèces de Glyptodon que l'on a rencontrées depuis dans ces mêmes dépôts quaternaires des pampas sont distinguées par la forme de leurs plaques et leurs divers ornements.

En 1789, le marquis de Loretto, vice-roi de Buenos-Ayres, Mégatherium.

(1) *Corografia Brazilica*, ou *Relaçâo historico-geografica*, etc., in-8. Rio-Janeiro, 1817.

envoya à Madrid le squelette presque complet d'un grand quadrupède découvert sur les bords de la rivière de Lujan (Luxan ou Lucan), à une lieue au sud-est de la ville de ce nom, à trois lieues à l'ouest-sud-ouest de Buenos-Ayres et à 10 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Deux autres squelettes semblables furent aussi trouvés à peu près vers le même temps. L'un, envoyé également en Espagne en 1795, provenait de Lima, et l'autre, appartenant au père Fernando Scio, venait du Paraguay. Cette circonstance assez rare d'avoir trouvé d'abord presque tous les os réunis, puis de les avoir fait monter avec soin immédiatement par J. B. Bru, fit bientôt connaître ce mammifère avec tous ses caractères ostéologiques.

Il fut décrit en 1796 par J. Garriga (1), et dès 1795 G. Cuvier, sur des dessins assez imparfaits qui lui avaient été adressés, l'avait rapproché des édentés, et placé dans le voisinage des Paresseux.

Abildgaard publia en danois un mémoire dans lequel il arrivait à la même conclusion, ainsi que Shaw, tandis que Faujas et Lichtenstein semblaient portés à en faire une nouvelle espèce d'Éléphant. Pander et d'Alton, qui avaient étudié le squelette à Madrid, en donnèrent une description plus complète (2), en le désignant sous le nom de *Bradypus giganteus* ou de Paresseux géant, indiqué par Cuvier; mais celui de *Megatherium*, ou grand animal, donné par les auteurs espagnols, a prévalu.

Ce qui caractérise particulièrement sa tête, dit Cuvier (3), c'est une longue apophyse descendante, placée à la base antérieure de l'arcade zygomatique, aussi grande à proportion que dans l'Aï, mais dirigée plus verticalement. Une échancrure, que l'on observe de chaque côté de l'ouverture du nez, a pu servir à l'insertion des muscles d'une petite trompe. La mâchoire in-

(1) *Descripcion del esqueletto de un quadrupedo*, etc., in-f°. Madrid, 1796.

(2) *Das riesen Fauthier* (*Bradypus giganteus*), in-f°. Bonn, 1821.

(3) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. VIII, p. 339 (éd. de 1834).

férieure, très-pesante, renflée en dessous, offre une branche montante très-grande; très-prolongée et évidée en dessus, elle a dû contenir une langue cylindrique, longue, forte, propre, comme dans la girafe, à briser les petites branches des arbres qu'il pouvait renverser. Les dents molaires, au nombre de 4 de chaque côté en bas, et de 5 en haut, étaient de forme prismatique, très-profondément enchâssées dans le maxillaire, traversées par un sillon et divisées ainsi en collines triangulaires.

La colonne vertébrale se compose de 7 vertèbres cervicales, 16 dorsales, 3 lombaires, 5 sacrées soudées et 18 caudales; la queue était grosse et courte.

Dans l'omoplate, l'acromion est prolongé en arceau, et la clavicule éloigne le *Megatherium* de tous les grands pachydermes comme des ruminants. L'humérus est remarquable par la largeur des crêtes placées au-dessous des condyles; le cubitus est très-large dans le haut; la main appuyait entièrement à terre en marchant, comme on peut le conclure de la brièveté du métacarpe. Trois doigts visibles sont armés d'ongles, deux autres rudimentaires étaient cachés sous la peau. Les onguéaux des trois doigts complets sont composés d'un axe portant l'ongle et d'une gaîne qui en affermissait la base. On peut supposer que l'ongle était beaucoup plus fort que celui d'aucun édenté connu.

Les os des iles forment un demi-bassin large, évasé, ressemblant, par sa grandeur, à celui de l'Éléphant et du Rhinocéros; les crêtes en sont dentelées et raboteuses. Le fémur est plus gros que celui d'aucun animal connu, un peu plus long que l'humérus, aplati d'arrière en avant, et relevé d'une arête aiguë au-dessus de son condyle interne. Il ressemble au fémur du Pangolin. Le tibia et le péroné sont soudés à leurs deux extrémités comme chez les Tatous. Les extrémités postérieures n'ont que trois doigts comme dans les Paresseux, mais ce ne sont pas les mêmes ici : ce sont le troisième, le quatrième et le cinquième; le troisième seul était armé d'un ongle aussi fort que le plus grand des trois de devant.

De ces divers caractères Cuvier conclut que le *Megatherium* devait vivre de végétaux et particulièrement de racines. Sa taille et ses griffes puissantes devaient lui fournir des moyens de défense suffisants; il n'était pas propre à la course, et d'ailleurs il n'avait besoin ni de fuir ni de poursuivre. « Ses analo-« gies le rapprochent des divers genres de la famille des édentés. « Il a la tête et l'épaule d'un Paresseux, et ses jambes et ses « pieds offrent un singulier mélange de caractères propres aux « Fourmiliers et aux Tatous. »

De même que le Mégalonyx de la Virginie a été rencontré dans les dépôts quaternaires de l'Amérique méridionale, de même le Mégatherium, d'abord signalé dans les pampas de Buenos-Ayres, s'est trouvé plus tard associé avec le précédent dans l'Amérique septentrionale, et si l'on y ajoute ces énormes Tatous désignés sous le nom de *Glyptodon*, puis les *Mylodon*, les *Scelidotherium*, et d'autres genres nouvellement découverts, on pourra se faire une idée de la faune remarquable par ses nombreux édentés gigantesques qui caractérisait dans le nouveau continent la période qui a précédé la nôtre. Quant aux dépôts qui renferment cette prodigieuse quantité de débris de grands mammifères, nous renverrons le lecteur à ce que nous en avons déjà dit d'après les voyageurs modernes (1) et aux motifs qui nous ont déterminé à les placer dans cette période.

Pachydermes. — Éléphants, Mastodontes.

La plupart des restes de grands pachydermes connus au moment où se termine notre revue historique ont été rapportés en Europe par Alex. de Humboldt, et Cuvier s'est empressé de les faire entrer dans la seconde édition de ses *Recherches sur les ossements fossiles*. Ce que nous allons en dire a donc été puisé à ces deux sources, et nous suivrons dans l'énumération de ces matériaux un ordre géographique du N. au S. Les données sur lesquelles Cuvier a établi ses espèces ont paru insuffisantes à plusieurs anatomistes, qui n'ont point par conséquent adopté toutes ses déterminations; mais c'est là un sujet de

(1) *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 386-400; 1848.

discussion dont on conçoit que nous n'ayons pas à nous occuper en ce moment.

A Hué-Huetoca, près de Mexico, Alex. de Humboldt a trouvé des fragments de molaires que par l'étroitesse et le peu de festonnement des lames d'émail, ainsi que par la petite dilatation de leur milieu, Cuvier a trouvées semblables à celles de l'Éléphant fossile de Sibérie (1). L'existence au Mexique de restes provenant d'un Mastodonte, qui serait celui de l'Ohio, a été également annoncée (2). Mexique.

Alex. de Humboldt a rapporté plusieurs os de Mastodonte de Caño del Fiscal, près de Santa Fé de Bogota. Ce sont particulièrement un humérus et un calcanéum assimilés au *M. angustidens* (3), et un tibia du même animal provenant du Camp des Géants, localité ainsi nommée à cause de la multitude des os qu'on y trouve et qui est élevée de 2500 mètres au-dessus de la mer (4). Nouvelle Grenade. — Colombie.

Un fragment de défense recueilli près de la ville de Ybarra, dans la province de Quito, à 1700 toises d'altitude, a fait présumer que l'Éléphant était descendu jusque-là vers le sud; mais Cuvier, en l'absence de dents mâchelières, doutait encore si cette défense n'avait point appartenu à un Mastodonte (5). Près du volcan d'Imbaburra (royaume de Quito), à 1200 toises d'altitude, des dents de Mastodonte ont été trouvées et appartiendraient à une espèce particulière que Cuvier désigne sous le nom de M. des Cordillères (*M. Andium*) (6). Ces dents à tubercules divisés, comme dans le *M. angustidens*, ont les formes carrées de celles à 6 pointes du Mastodonte de l'Ohio, mais leur coupe donne des figures de trèfles au lieu de losanges. Parmi les osse- Pérou.

(1) Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. II, p. 151 (éd. de 1834).
(2) *Id., ib.*, p. 352.
(3) *Id., ib.*, p. 367.
(4) *Id., ib.*, p. 347, 331.
(5) *Id., ib.*, p. 152.
(6) *Id., ib.*, p. 368-372.

ments rapportés du Pérou par Dombey, Cuvier (1) a fait figurer une dent implantée dans une portion du palais, parfaitement semblable à celles trouvées à Simorre, en France, et une mâchoire inférieure avec deux dents dont les caractères seraient aussi ceux du Mastodonte à dents étroites de l'Europe (2).

Province de Chiquitos, Tarija. Chili.

Une dent de la grande espèce déjà signalée, près du volcan d'Imbaburra, a été rencontrée près de Santa-Cruz de la Sierra, dans les Cordillères de Chiquitos, par 18° lat. S., et une semblable, de la province de Chiquitos, a été recueillie par M. Alonzo de Barcelone. Dans la vallée de Tarija, écrivait déjà Joseph de Jussieu en 1761, par 23° lat. S., à plus de 130 lieues de la mer et à 200 lieues du Potosi, on rencontre, dans le sol superficiel de chaque côté de la rivière, des os et des dents pétrifiés d'une énorme grosseur, qui appartiendraient peut-être encore au Mastodonte des Cordillères, tandis que d'autres dents carrées plus petites, rapportées par Alex. de Humboldt de la Conception au Chili, seraient le type d'une espèce différente à laquelle Cuvier assigne le nom de *M. Humboldtii* (3).

Brésil.

Dans la partie orientale du continent qui devait présenter de nos jours des richesses ostéologiques plus variées encore que la partie sud, nous avons déjà rappelé la découverte d'une carapace provenant probablement d'un grand édenté, des os et des dents mâchelières énormes, annonçant l'existence de grands pachydermes; on en cite à Villa do Fanado, et près de Recife (province de Pernambuco), en creusant dans un puits, dans un lac à 8 lieues au nord-est de Penedo, sur les bords du lac de Santa Catharina, et à San Pedro, dans la province de Seregipe del Rey (4).

(1) Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. II, p. 337, pl. 26, fig. 7.

(2) *Id.*, *ib.*, p. 339, 346, pl. 28, fig. 4.

(3) *Id.*, *ib.*, vol. II, p. 369-73, pl. 27, fig. 12 et 5.

(4) *Art de vérifier les dates, depuis* 1770 *jusqu'à nos jours*, vol. XIII, p. 77. — Voy. aussi Margrav., *Historia naturalis Brasiliæ*, in-f°. Leyde, 1648. — J. Mawe, *Travels in the interior of Brasil*, in-4. Londres, 1813. — *Reisen in das Innere von Brasilien*, etc., par Zimmermann, in-8. Bam-

Appendice.

Nous nous bornerons, pour les fossiles mentionnés çà et là d'une manière très-superficielle dans diverses parties de l'Asie, à rappeler les recherches de G. J. Camelli, dans les îles Philippines, l'*Histoire de la Chine*, par le P. Duhalde (vol. III, p. 486), les observations de d'Incarville dans l'Inde (*Transact. philos.*, 1753. — En allemand, Recueil de Hanovre, 1751), puis les ouvrages de E. Rumphius (*Ambonische Rariteitkammer*, etc., in-f° avec pl., 1705; ed. 2ª 1741. — *Thesaurus piscium, testaceorum et cochlearum quibus acc. conchylia, mineralia, metalla, lapides, variis in locis reperta*, in-f° avec pl. Leyde, 1711.; les mémoires de Steph. Babington sur l'île de Salsette (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 1, 1819), de B. Babington sur la géologie du pays entre Tellicherry et Madras (*ibid.* part. II, p. 328, 1821); de Fraser, à l'appui d'une série d'échantillons provenant des monts Himalaya (*ibid.* part., I, p. 60, 1819); de J. Adam, sur la géologie des bords du Gange, depuis Calcutta jusqu'à Cawnpore (*ibid.*, part. II, p. 346); de J. Davy, sur la géologie et la minéralogie de Ceylan (*ibid.*, p. 311; *Journ. de Phys.*, vol. LXXXVI, p. 168, 1818). Parmi les publications propres à l'Inde on doit citer : *Journal of the r. asiatic society. — Journal of the asiatic society of Bengal, — Madras Journal of litterature and science,— Journal of the Bombay Branch. r. asiat. society. — The asiatic Researches*, in-4°. Asie orientale.

Plus à l'ouest, nous signalerons les voyages de Kæmpfer (*Relationes de ruderibus diluvii mosaici in Persia*, in *Amænitates exoticas*, in-4°, Lemago, 1712); d'Oléarius, en Perse et le long de la Caspienne; de Breyn (*Reisebeschreibung durch Klein-Asien*, p. 1016); de Moconys (1re partie, p. 334), pour Asie occidentale.

berg, 1817. — D'Eschwege, *Journal von Brasilien*, etc., avec carte, in-8. Weimar, 1818.

les environs de Tocat (Pont); les remarques de Cedrenus (*Comp. hist.*, p. 15), et de Michel Glycas (part. II, p. 114), relatées dans l'ouvrage de Reland (*Palestine*, lib. I, cap. 18, p. 321 : Pour les poissons du Liban); les voyages de Tournefort, d'Olivier, de Kerporter, de Lebrun (chap. LVIII, pour les poissons), etc.

Afrique. — Égypte.

Pour la partie nord-est de l'Afrique, nous rappellerons les voyages d'Olaus Borrichius, de Shaw (*Travels or observ.*, etc., avec pl., 1738. Éd. fr., 1740-1743, 4 vol. in-8°, vol. II, p. 70, 84); de Paul Lucas (vol. II); de Niebuhr, de Forskal, de Barrow, de Rozières, dans le grand ouvrage sur l'Égypte (*Hist. naturelle*, vol. II, 1813). Les mémoires de Dolomieu, entre autres celui qui traite de la constitution physique de l'Égypte (*Journ. de Phys.*, vol. XLII, p. 40, 1793), ont peu contribué à l'avancement de la science telle que nous la considérons. On peut encore consulter : *Fossilia ægyptiaca Musei Borgiani*, de G. Wad (in-4°, Velitris, 1794). Le mémoire de Guettard (*Mém. de l'Acad. r. des Sciences*, 1751, p. 164 et 239), sur les granites de France comparés à ceux d'Égypte, est accompagné d'une carte minéralogique où les rapports invoqués sont tout à fait imaginaires. Cette carte indique une *bande marneuse* comprenant le littoral du cap Resalto, sur la côte d'Afrique à l'ouest d'Alexandrie, jusqu'à l'Oronte, en Syrie. Sa limite sud, de Damas au Caire, comprenant ainsi les trois quarts du Liban, ne s'accorde avec rien de ce que l'on sait aujourd'hui, non plus que son prolongement méridional qui coupe obliquement la vallée du Nil pour se recourber à l'ouest dans la Libye. La *bande sablonneuse* de la Libye, à l'ouest, n'est rien autre que le désert, et la *bande schisteuse* ou métallique n'est pas moins imaginaire que les deux autres. Guettard appliquait à ce pays, qu'il n'avait pas vu, certaines idées que nous verrons puisées dans l'examen de diverses parties de la France, et qu'il avait aussi étendues à la Pologne et au Canada.

Cap de Bonne-Espérance.

Dans une *Notice sur la structure géologique de la montagne de la Table*, P. Carmichaël a montré qu'elle était composée de granite. La Pointe-Verte (Green-Point) et la vallée de la

Table sont formées par des schistes, et la partie supérieure est constituée par une masse puissante de grès en bancs horizontaux donnant à la montagne sa forme particulière. A See-Point on observe la jonction des schistes et du granite, mais sur d'autres points il y aurait une sorte d'alternance entre les deux roches. Le long de la mer, de Campbay à See-Point, des veines de trapp pénètrent dans le granite (*Journ. de Phys.*, vol. LXXXVI, p. 252, 1808).

W. Buckland a publié une notice sur la structure géologique d'une partie de l'île de Madagascar, où se trouvent des roches primitives et des roches secondaires comprenant des grès sans fossiles. Des calcaires récents et des sables consolidés également peu anciens y occupent des surfaces considérables (*Transact. geol. Soc. of London*, 1re sér. vol. IV, 2e part., p. 476, 1817). **Madagascar.**

Le même savant, d'après l'examen d'échantillons qui lui avaient été soumis, a publié aussi quelques observations sur la Nouvelle-Galles du Sud, et n'a pas hésité à proclamer la ressemblance des cherts et des fossiles provenant des calcaires des environs d'Hobart-Town (Terre de Van Diémen) avec ceux des calcaires carbonifères de l'Angleterre et de l'Irlande. (*Ibid.*) **Australie.**

Enfin on peut trouver beaucoup d'autres renseignements dans les notes et la partie bibliographique de l'ouvrage de Walch et Knorr; c'est la mine la plus riche en documents de cette nature pour tout ce qui est antérieur à 1775. La *Bibliographia palæontologica animalium systematica*, de G. Fischer de Waldheim (Moscou, in-8°, 1834), peut être également consultée avec fruit.

CHAPITRE VI

PAYS-BAS

La continuité des terrains qui constituent le sol des provinces méridionales des Pays-Bas avec ceux du nord de la France nous a engagé à exposer les résultats des recherches dont les premiers ont été l'objet, immédiatement avant de traiter des seconds, à la connaissance desquels ils serviront alors comme d'introduction.

Hollande. Pour la Hollande, nous nous bornerons à rappeler quelques ouvrages où sont mentionnés des fossiles dont les gisements sont d'ailleurs assez incertains. Tels sont ceux de I. Berkhey sur l'histoire naturelle de la Hollande (1), de Vosmaer (2), de Ballenstedt (3) et de Brugmann (4). Nous mentionnerons également ici, comme ayant été publiées à Amsterdam, par Boccone, les *Recherches et observations naturelles touchant le corail, la pierre étoilée, les pierres de figure de coquille, la corne d'Ammon*, etc. (5).

(1) *Natuurlyke Historie van Holland.* Amsterdam, 1769. — *Alter. ed.* allem., 2 vol. Leipzig, 1779. — Éd. franç., 4 vol. Paris, 1782, avec pl.

(2) ..... *Von einer holländischen Versteinerung* (*Schröter's Journ.*, vol. V, p. 222).

(3) *Fernere Schicksale der Urwelt in Holland* (Ses *Arch. der Urwelt*, vol. III, p. 407).

(4) *Lithologia Groningiana juxta ordinem Wallerii digesta*, etc. Groningue, 1781, avec planches.

(5) In-8. Amsterdam, 1744. — *Ed. alt.*, 1674.

Belgique et provinces voisines. — R. Limbourg.

La Belgique et les provinces qui l'avoisinent immédiatement vont nous offrir des travaux plus sérieux. Ainsi, dans un *Mémoire sur l'histoire naturelle d'une partie du pays Belgique* (1), comprenant la vallée et les environs de Pépinster, R. Limbourg distingue des schistes et des calcaires qu'il désigne par les expressions de *roches quartzeuses* et de *roches spatheuses*, les unes et les autres renfermant des fossiles. Il fait remarquer leur disposition en couches parallèles, résultat de leur dépôt dans la mer, prouvé encore par la présence des coquilles telles que les Térébratules. L'inclinaison des strates est attribuée à l'action des phénomènes souterrains et leur relation avec les lits de charbon est bien établie. Les empreintes de végétaux qu'on y observe sont toutes posées à plat, comme si les plantes avaient flotté et avaient été ensuite recouvertes par la vase. On rencontre moins de débris organiques dans les roches quartzeuses que dans les roches calcaires. Une couche d'argile s'étend ensuite sur toutes les roches du pays, et, quant aux dépôts de cailloux qu'on observe dans les plaines et les vallées, ce sont bien pour l'auteur les débris roulés provenant des collines environnantes.

Dans un mémoire précédent, le même géologue (2) avait traité de la tourbe, du sable, des silex, de l'argile, des cailloux, des roches quartzeuses, du marbre, des matières argileuses et schisteuses des environs de Stavelot, de Franchimont, de Limbourg, de Liége, de Spa, etc., en y mentionnant les restes de plantes et de coquilles.

Il distingue ensuite dans ce pays, d'une part, toutes les roches en couches horizontales, quels que soient d'ailleurs leurs caractères minéralogiques et leurs fossiles, de l'autre, les roches en couches obliques ou perpendiculaires, disposées en longues bandes, allongées parallèlement du N.-E. au S.-O. et recouvertes par les précédentes. D'abord horizontales comme les premières, elles doivent leur position actuelle à une révolution

(1) *Mém. de l'Académie de Bruxelles*, vol. I, p. 95, 1777.
(2) *Ibid.*, p. 363, lu le 7 février 1774.

antérieure au dépôt de celles-ci. Toutes les couches redressées affectent une direction N.-E., S.-O., attribuée par l'auteur à un changement dans la position de l'axe de la terre. Les poudingues de Malmedy sont formés par les débris de roches plus anciennes encore que les précédentes ou antérieures aux roches schisteuses et quartzeuses. Dans ses recherches, Limbourg décrit les marbres calcaires de Namur et distingue la craie de Maëstricht par ses fossiles. La bande de terrain houiller est indiquée depuis Aix-la-Chapelle jusqu'à Valenciennes, et ses idées sur l'origine et la formation de la houille sont fort justes pour le temps où il écrivait.

Witry.

Plus à l'ouest, l'abbé Witry, dans un mémoire sur les fossiles du Tournaisis (1) accompagné de quatre planches représentant des trilobites, des crinoïdes et des polypiers du calcaire carbonifère, signale, au-dessous d'un poudingue ferrugineux et sableux (probablement le *tourtia*), des bancs de calcaire ou *pierre bleue*. Il mentionne les fossiles du poudingue, ceux des marnes sableuses à points verts de la craie, en particulier ceux des marnes de Bruyelles (Térébratules, baguettes de Cidaris, Huîtres et moules d'univalves), et sans doute des fossiles des sables tertiaires inférieurs des environs. Le tout repose, comme on vient de le dire, sur les bancs de calcaire bleu où se trouvent d'autres débris organiques, tels que des Calamopores et des trilobites, les premiers qui aient été indiqués dans le système carbonifère, et des bases de têtes d'Encrine prises pour des Échinides.

De Launay, Burtin, etc.

Dans le même temps, de Launay (2) donnait une énumération, telle qu'on pouvait la faire alors, des fossiles des environs d'Anvers, de Bruxelles, de Louvain, de Maëstricht, etc., suivie d'une réfutation des idées de Louville sur le changement d'obliquité de l'écliptique, qui était l'un des grands moyens en usage pour expliquer le déplacement du bassin des mers et la présence des êtres organisés marins sur les continents. Il recon-

(1) *Mém. de l'Académie de Bruxelles*, vol. III, p. 15; 1780.
(2) *Ibid.*, vol. II, p. 531; 1780.

naît que les coquilles sont distribuées dans les couches d'une manière constante et que souvent deux ou trois d'entre elles suffisent pour faire juger de toutes celles qui doivent se trouver réunies dans le même banc, circonstance analogue, dit-il, avec ce que l'on observe dans les mers actuelles et dans la distribution des végétaux.

En signalant d'une manière particulière les bancs de Numismales, qu'il regarde comme des espèces d'Ammonites, de Launay fait remarquer que leur position à plat prouve qu'elles ont dû vivre là où leurs dépouilles se sont accumulées; il distingue également les moules des coquilles qui les ont produits et décrit la marche de la nature pour opérer le remplissage de celles-ci. Il ne pense pas, comme beauçoup de naturalistes le croyaient encore, que ces divers fossiles marins eussent leurs analogues vivants dans les mers de l'Inde. Il n'admet pas non plus que toutes les pétrifications doivent être attribuées au déluge. N'étendons pas, dit-il, les effets de ce phénomène au delà des justes bornes que la raison et l'expérience nous prescrivent.

Ainsi, au point de vue théorique et pratique, on doit reconnaître que Limbourg et de Launay étaient réellement fort avancés pour leur époque, et leurs idées comme leurs travaux ne le cédaient en rien à ce que nous ont montré leurs contemporains les plus éclairés en Italie, en Allemagne et en Angleterre.

L'*Oryctographie de Bruxelles, ou description des fossiles tant naturels qu'accidentels découverts jusqu'à ce jour dans les environs de cette ville*, par F. X. Burtin (1), n'est qu'une simple iconographie dans laquelle les corps organisés fossiles ne sont pas distribués suivant les couches d'où ils proviennent. L'auteur est beaucoup moins avancé que ceux des mémoires précédents, quoique venu après eux. Ici les *terres* sont seulement décrites d'après leurs caractères minéralogiques. Ce sont les *sables*, les *argiles*, le *calcaire*, le *gypse*, les *pierres magnésiennes*, les *marnes* et le *terreau*. Burtin s'occupe plus particulièrement des

(1) In-f° avec 32 pl. coloriées. Bruxelles, 1784.

pierres, des cailloux roulés, sujet d'une longue digression, puis des grès, du quartz, de la pierre à chaux, des minerais de fer, des lithoglyphes ou pierres figurées, des stalactites, des dendrites, etc. Les *fossiles accidentels* sont les vrais corps organisés fossiles, et les *pétrifications* comprennent à la fois les reptiles, les poissons, les crustacés, les mollusques, les échinides, les annélides et les bois ou autres végétaux. Ces divers corps sont examinés successivement, mais sans description spécifique régulière, et une explication des planches est à peu près la seule partie de ce travail qui ait aujourd'hui quelque utilité.

De Hupsch (1), dans sa description des débris de grands animaux nouvellement découverts, s'est occupé d'ossements supposés provenir de Manates, de Phoques, puis de dents de poissons, etc., trouvés aux environs d'Anvers, et l'on doit à Rozin un Essai sur l'étude de la minéralogie avec des applications particulières au sol français et surtout à celui de la Belgique (2).

Environs de Maëstricht.

L'*Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre, près Maëstricht*, publiée par Faujas de Saint-Fond, en 1799, et qui forme un volume in-f° accompagné de 54 planches de fossiles, n'est point, à proprement parler un ouvrage de géologie. C'est d'abord une simple description pétrographique très-succincte de la roche qui constitue cette colline, et ensuite celle des galeries d'exploitation qu'on y a pratiquées de temps immémorial pour en tirer des pierres de construction. Mais ce travail est intéressant au point de vue de la stratigraphie générale, parce qu'il est le premier qui ait traité spécialement de l'étage crétacé supérieur de cette localité devenue le type d'un horizon géologique particulier, et que les fossiles nombreux qui y sont figurés suffisent pour donner une idée de sa faune. C'est une monographie locale comme on n'en faisait guère alors, et qui a été en cela d'un bon exemple. L'*Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre* est un travail considérable, consciencieux, mais dans

(1) *Beschreibung einiger nuentdeckten Verst. Theile*, etc.
(2) In-12. Bruxelles, 1803.

lequel on ne voit pointer nulle part les principes généraux et fondamentaux qui avaient cependant été déjà appliqués de l'autre côté de la Manche, que l'on avait entrevus en Allemagne et même en Belgique, comme on vient de le dire. Sous ce rapport il ne vaut pas mieux que l'ouvrage de Burtin.

Faujas a mentionné en détail tous les débris organiques représentés dans ses planches, depuis les polypiers, les radiaires échinodermes, les coquilles bivalves et univalves, jusqu'aux poissons et aux reptiles; mais l'objet de sa préoccupation constante, par lequel il commence son ouvrage et sur lequel il revient encore à la fin, c'est la tête d'un reptile de grandes dimensions qu'il rapporte à un Crocodile, après avoir étudié comparativement les autres reptiles sauriens qui en sont plus ou moins voisins. Au reste, l'histoire de ce morceau, aujourd'hui encore presque unique dans la science, n'est pas sans intérêt, et nous la rapporterons, malgré son caractère un peu romanesque.

Découvert en 1770 par les ouvriers carriers qui exploitaient la pierre dans une des nombreuses galeries qui sillonnent la colline en tous sens, et à 500 pas environ de son entrée, il fut acquis par un médecin de la ville, nommé Hoffmann, qui possédait une collection des fossiles de cette localité. Un chanoine de Maëstricht, à qui appartenait le champ au-dessous duquel se trouvait la carrière, prétendit que le fossile lui appartenait, intenta un procès au médecin, le gagna, et emporta le trésor de celui-ci dans une maison de campagne située au pied de la colline même d'où il provenait. Lors du siége de Maëstricht par les Français, en 1795, le fort Saint-Pierre fut bombardé; mais le général qui commandait l'attaque, ayant appris que la tête du Crocodile était dans la maison du chanoine, donna ordre d'épargner l'habitation. Cependant le possesseur du précieux morceau l'avait fait enlever la nuit et mettre en lieu plus sûr; aussi, lors de la prise de la ville, le Représentant du peuple qui accompagnait l'armée promit, dit-on, 600 bouteilles d'excellent vin à celui qui retrouverait en bon état le fossile qui lui avait échappé une première fois. L'appât de la récompense produisit son effet,

car le lendemain matin on vit 12 grenadiers apportant à Friscine le Crocodile intact. La chronique ajoute qu'ayant été estimé, il fut payé à son second propriétaire, le premier étant mort depuis longtemps. Emballé avec le plus grand soin, il fut envoyé à Paris au Muséum d'histoire naturelle, où il est un des spécimens les plus précieux de la collection de paléozoologie (1).

D'autres fragments du même animal, provenant de la même localité, mais moins importants que celui-ci, avaient été trouvés en 1766, et font partie de la collection de Teyler, à Harlem, à laquelle un officier appelé Drouin les avait cédés. Ils furent décrits et figurés, en 1790, par Van Marum (2); il en existait également d'incomplets dans la collection de Camper, et divers blocs de pierre, envoyés aussi au Muséum, renferment un certain nombre de vertèbres et de côtes, puis des fragments d'autres parties du squelette.

En 1786, Pierre Camper (3), qui était allé étudier les deux maxillaires de Harlem, fut d'avis, comme Van Marum, que l'animal de Maëstricht devait être un cétacé, bien que l'idée de ses premiers possesseurs fût que c'était un Crocodile. Faujas, en reprenant la question, chercha à s'entourer de tous les documents qu'il croyait propres à l'éclairer. Il étudia les Crocodiles vivants ainsi que les Gavials, en donna de bonnes figures et y trouva la confirmation que le fossile était réellement un Crocodile. Adrien Camper (4) revenant sur l'opinion de son père jugea

(1) Nous trouvons, dans une note plus ancienne et contemporaine de la découverte, une variante au commencement de cette histoire. Une mâchoire supérieure de Crocodile a été trouvée, non pas dans la montagne de Saint-Pierre, mais dans celle qui lui fait face de l'autre côté de la Jaar ou Jaur, appelée la montagne de la Canne. Elle appartenait à M. Drouin, officier de dragons. M. Offman, chirurgien-major à l'hôpital de Maëstricht, possède en grande partie la mâchoire inférieure de ce Crocodile tirée du même lieu (de Lassone, *Mém. de l'Acad. r. des sciences* pour 1771, p. 91). Ce dernier morceau doit être celui qui fait le sujet de l'histoire de Faujas; l'orthographe du nom du médecin y est changée, et, en outre, ce n'est pas seulement une mâchoire inférieure, mais bien deux maxillaires presque complets.

(2) *Mém. de la Société Teylerienne*, p. 383, 1790.

(3) *Transact. philos.*, 1786.

(4) *Journ. de Phys.*, vol. LI, p. 278, 1800.

que ce pouvait être un reptile voisin des Monitors actuels. Pierre Camper avait d'ailleurs remarqué les caractères qui devaient l'éloigner des Crocodiles, tels que le poli des os, les trous de la mâchoire inférieure pour l'issue des nerfs, la racine solide et pleine des dents, la présence de dents au palais, ainsi que les différences présentées par les vertèbres, etc.

Cuvier (1), qui ne laissait jamais échapper une occasion de critiquer Faujas, et qui le faisait même souvent avec une aigreur mal dissimulée, en soumettant à un examen rigoureux le fossile en question, a commencé par faire remarquer que l'auteur de l'*Histoire de la montagne de Saint-Pierre* n'avait pas même décrit exactement la roche qui le renferme, laquelle, loin d'être *un grès quartzeux à grain fin, faiblement lié par un gluten calcaire peu dur*, est, au contraire, un calcaire blanc jaunâtre, friable, renfermant à peine quelques grains de sable, ce qui est très-vrai; mais ce qui ne l'est pas, c'est l'épaisseur tout à fait erronée que le savant anatomiste, sur des renseignements inexacts, attribue au massif calcaire de la colline, qui aurait, dit-il, au moins 449 pieds, tandis qu'en réalité la craie au-dessous du fort Saint-Pierre ne s'élève qu'à 40 mètres au-dessus de la Meuse, et n'en a pas plus de 50 ou environ 150 pieds à la hauteur des carrières. Cuvier ne rapporte point l'épisode de Faujas, qui, étant Commissaire pour les sciences en Belgique, avait dû être bien renseigné; mais il donne la date de 1780 comme celle où le saurien fut trouvé, ce qui prouve qu'il ne connaissait pas la communication de Lassone, qui remonte à 1771. D'un autre côté, les planches IV et LI portent, en effet, par suite d'une erreur du graveur, la date de 1780. Des restes du même animal ont encore été trouvés, à diverses reprises, dans la même couche près du village de Seichem, au nord-ouest de la ville.

Cuvier, après avoir discuté, avec la sagacité qui le caractérisait, les arguments de ses prédécesseurs et fait voir leur peu de valeur, démontre, d'une manière péremptoire, que l'animal au-

(1) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. X, p. 119 (éd. de 1834).

quel ces restes ont appartenu doit venir se placer entre les Monitors et les Iguanes. Les dents de la mâchoire supérieure, probablement au nombre de 14 de chaque côté, sont pyramidales, un peu arquées, planes en dehors, avec deux arêtes aiguës à la face interne. Les socles ou noyaux osseux qui les portent adhèrent dans des alvéoles. Les os ptérygoïdiens portent 8 dents plus petites, mais qui croissaient et se remplaçaient comme celles des mâchoires.

Toutes les vertèbres, comme celles des Crocodiles, des Monitors, des Iguanes et de la plupart des sauriens et des ophidiens, ont le corps concave en avant et convexe en arrière, tandis que les cétacés les ont à peu près planes, et les poissons creusées en cônes concaves. Les apophyses présentent cinq sortes de modifications principales dans l'étendue de la colonne vertébrale, qui se composerait, depuis l'atlas jusqu'à l'extrémité de la queue, de 133 vertèbres, donnant une longueur totale de $6^{m},59$, nombre plus que double de celui qu'on observe dans les Crocodiles, où il n'y en a que 68, mais s'accordant avec celui des Monitors, qui est de 117 à 147.

Les caractères des vertèbres caudales ont fait penser à Cuvier que la queue était cylindrique à la base, s'élargissait ensuite dans le sens vertical, s'aplatissant sur les côtés de manière à ressembler à une rame beaucoup plus que celle des Crocodiles.

La mâchoire ayant 3 pieds 9 pouces de long, l'animal entier aurait eu 24 pieds 3 pouces, ou $7^{m},86$. La tête formait à peu près 1/3 de la longueur totale, proportion assez semblable à ce que l'on observe dans les Crocodiles, mais très-différente de celle des Monitors, où la tête est à peine 1/12 de la longueur totale. La queue avait 10 pieds, ou un peu moins que la moitié du total, et, par conséquent, était moindre que dans les Crocodiles. Elle devait être fort robuste; la largeur de son extrémité en faisait une rame très-puissante et mettait l'animal à même d'affronter les eaux les plus agitées, car il n'est pas douteux que ce ne fût un reptile marin. Quant aux membres antérieurs et postérieurs, on ne pourrait encore faire que des con-

jectures sur leurs caractères et leurs dimensions, les découvertes à cet égard étant fort incomplètes. Cependant Cuvier juge que les os des mains et des pieds semblent avoir appartenu à des espèces de nageoires assez contractées et plus ou moins analogues à celles des Dauphins ou des Plésiosaures.

Quoi qu'il en soit, le grand animal de Maëstricht a dû former un intermédiaire entre la tribu des sauriens sans dents au palais (les Monitors, les Sauvegardes, les Ameiva) et celle des sauriens à dents palatines ou ptérygoïdiennes (les Lézards ordinaires, les Iguanes, les Marbrés, les Anolis), tenant aux Crocodiles par quelques caractères partiels ainsi que par les liens généraux qui réunissent toute la grande famille des quadrupèdes ovipares.

Cuvier est aussi revenu sur les restes de tortues des couches tertiaires de Melsbroeck, signalés et figurés par Burtin, et les décrit comme appartenant à de véritables Émydes (1). Quant à ceux de la montagne de Saint-Pierre, déjà indiqués par Walch, Camper, Burtin, Buchoz, et, plus récemment, figurés et décrits par Faujas, il fait voir (2) qu'ils proviennent, au contraire, de véritables tortues marines. Il fait remarquer, en outre, que le morceau qu'a représenté l'auteur de l'*Histoire de la montagne de Saint-Pierre* (pl. XVII) comme étant un bois de Cerf ou d'Élan, n'est rien autre encore qu'un fragment des trois os, dont la réunion forme l'épaule de la tortue. Ici la critique du grand anatomiste n'était que trop justifiée.

La géologie de la colline de Saint-Pierre a été bien comprise par W. E. Hony (3), et l'élévation comme l'inclinaison des couches mieux appréciées qu'elles ne l'avaient été jusque-là. L'auteur critique avec raison la description pétrographique de Faujas, et rapporte à la craie les couches exploitées dans les galeries. En continuant son excursion au sud vers Liége, il n'hésite pas à

(1) *Rech. sur les ossem.*, etc., vol. IX, p. 469.
(2) *Ibid.*, p. 478.
(3) *Remarks on the vicinity of Maestricht* (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. IV, p. 310, 1817. Mém. lu en déc. 1814).

rapporter les calcaires de Visé au *mountain limestone* du Derbyshire, à cause de la ressemblance des fossiles.

Il nous resterait, pour compléter ce peu de mots sur la paléontologie et les terrains de sédiment de ce pays, à exposer les recherches de M. d'Omalius d'Halloy, publiées en 1808; mais, comme il y est presque autant question du nord de la France que de la Belgique, du Luxembourg, de l'Eifel et des bords du Rhin, il nous paraît préférable de nous en occuper lorsque nous traiterons des autres travaux de ce savant, relatifs à la France, et auxquels se rattachent aussi les mémoires de Bouësnel et de Drapiez.

CHAPITRE VII

FRANCE

Après avoir jeté un coup d'œil sur la marche de la science dans les diverses parties de l'Europe et dans celles de l'Amérique qui pouvaient offrir quelque intérêt, il nous reste, pour terminer notre travail, à l'étudier dans notre propre pays. Le tableau des progrès de la géologie et de la paléontologie stratigraphiques en France ne nous offrira pas ce développement naturel, régulier, positif, suivant constamment la même direction, que nous avons fait remarquer chez quelques nations voisines. En France, la recherche et la représentation des corps organisés fossiles ont été tardives; on n'en soupçonnait guère l'utilité ni l'intérêt; on y a longtemps discouru *à priori* avant d'observer, et surtout avant d'observer avec méthode.

La diversité des points de vue et par conséquent celle des opinions a été un obstacle au mouvement normal. Avant qu'un nouveau principe ne soit reconnu et admis chez nous, dans la pratique ou dans l'enseignement général, il faut lutter avec les dissidents ou des adversaires qui ne manquent jamais, quelque bonne que soit la cause, quelque évidente que soit la vérité. Pendant ce temps, les spectateurs restent incertains, ils hésitent entre les partis, le temps se perd en discussions stériles, et nous nous trouvons en arrière des autres nations qui ont continué à marcher. La polémique, résultat de cette divergence d'idées et de direction, devra donc tenir une certaine place dans

l'histoire de la paléontologie stratigraphique en France, puisque c'est un de ses caractères propres, et, sous ce rapport, elle différera des précédentes, où les faits surtout nous ont occupé. Les vues théoriques développées avec talent dans certains ouvrages peu anciens exigeront un examen plus approfondi que celui que nous avons fait des spéculations purement imaginaires des auteurs du xviie et du commencement du xviiie siècle dans les autres pays.

Nous partagerons cet exposé en *deux Périodes;* la *première* comprendra tous les Essais de diverses sortes publiés depuis la fin du xvie siècle jusqu'à 1778, c'est-à-dire qu'elle commencera avec les travaux de Bernard Palissy, le premier et le plus positif de nos anciens géologues, et finira avec les *Époques de la Nature*, la plus magnifique expression du génie théorique de Buffon; la *seconde*, d'une durée de 44 ans, se terminera en 1822, alors que les dernières recherches d'Alex. Brongniart avaient complété chez nous la démonstration des principes que W. Smith avait appliqués à l'Angleterre.

PREMIÈRE PÉRIODE.

Moyen âge.

De même que les premières découvertes de restes de grands mammifères en Italie les avaient fait rapporter à des Éléphants de l'armée d'Annibal, bien que des 37 ou 40 de ces animaux qui passèrent les Alpes, il n'en restait plus, suivant Polybe, qu'un seul après la bataille de la Trebia, de même en France les grands ossements rencontrés parfois dans les dépôts meubles superficiels étaient attribués à l'Éléphant que le calife de Bagdad avait envoyé à Charlemagne, en 801. On sait que deux autres vinrent en Europe au moyen âge : l'un amené par Frédéric II, en 1229, à son retour de la Terre sainte, l'autre par saint Louis, qui en fit présent à l'Angleterre.

Ce qui cependant peut paraître assez singulier, dit Cuvier (1),

(1) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. II, p. 50 (éd. de 1834).

c'est que les endroits où l'on en a trouvé le plus anciennement sont aux environs du Rhône, et par conséquent dans les lieux où ont dû passer Annibal d'abord et ensuite Domitius Ahenobarbus, marchant contre les Allobroges et les peuples de l'Arverne. Il aurait donc été assez naturel d'attribuer ces ossements aux Éléphants que ces généraux avaient dans leurs armées, mais on aima mieux, comme partout, les regarder comme les restes d'une race de géants.

En 1456, le Rhône mit à découvert sur l'une de ses rives, près de Saint-Eeirat (Saint-Peray), vis-à-vis de Valence, de très-grands ossements dont une partie fut portée à Bourges et suspendue aux murs de la Sainte-Chapelle de cette ville (1). S. Cassanion (2) mentionne une découverte semblable faite dans le même endroit vers 1564. Dans la description qu'il donne des os et surtout des dents, Cuvier ne doute point que le tout ne provienne d'un éléphant. XVe et XVIe siècles.

Le 11 janvier 1613, on découvrit des ossements qui furent pour Jacques Tissot le sujet d'un livre intitulé : *Histoire véritable du Géant Teutobocus, roi des Theutons, Cimbres et Ambrosiens, défait par Marius, consul romain,* 105 *ans avant la venue de N. S., lequel fut enterré près du château nommé Chaumont, maintenant Langon, proche la ville de Romans, en Dauphiné* (3). L'auteur supposait que ces ossements provenaient d'un tombeau sur lequel se trouvait une inscription romaine portant *Theutobocus rex*. Un chirurgien nommé Mazurier paraît les avoir acquis ensuite et les avoir montrés à Paris et dans d'autres villes. L'authenticité du squelette était appuyée par de soi-disant médailles dont l'origine fut ensuite contestée comme le tombeau lui-même. Ces os consistaient en deux morceaux XVIIe siècle.

(1) Fulgose, *De dict. factisque memor.*, lib. I, c. VI, p. 14.

(2) *De gigantibus, auct. J. Cassanione, monostroliense.* Basil., p. 61; 1580. — Cuvier, *Recherches*, etc., vol. II, p. 51.

(3) In-8, Paris, 1613. — Traduct. flamande, Utrecht, 1614. Nous ne savons pourquoi cette brochure a été attribuée à Mazurier par Cuvier, qui ne fait aucune mention de Tissot. — Voy. à ce sujet *la Bibliothèque physique de la France*, p. 394, par Hérissant, in-8, 1771.

de la mâchoire inférieure, deux vertèbres, un fragment de côte, un d'omoplate, une tête d'humérus, un fémur, un tibia, un astragale et un calcanéum, le reste ayant été dispersé par les ouvriers. Ils furent le sujet de nombreuses publications et d'une discussion très-vive. Après la brochure dont nous venons de parler, N. Habicot et J. Riolan, un médecin et un chirurgien du temps, entrèrent en lice, et de 1613 à 1618 se livrèrent une guerre acharnée que leurs corporations respectives excitaient à l'envi. Riolan paraît être celui qui s'approcha le plus de la vérité en rapportant ces os à un Éléphant. Par une circonstance particulière, ces débris, dont on avait perdu la trace, furent retrouvés à Bordeaux dans la maison où mourut Mazurier, et, ayant été envoyés au Muséum d'histoire naturelle de Paris, où ils sont encore, ils furent reconnus pour avoir appartenu à un Mastodonte (1).

Des os gigantesques, dit Cassanion (2), ont été déterrés sur la colline de Tain; des dents pesant chacune dix livres, suivant dom Calmet, ont été rencontrées, en 1667, dans une prairie près du château de Molard, dans le diocèse de Vienne, etc. (3).

Cette croyance à une ancienne race de géants, basée sur ces restes de grands pachydermes, n'était pas d'ailleurs aussi dépourvue de raison qu'on pourrait le croire au premier abord, surtout lorsqu'on ne considérait que les os. En effet, il y a dans le squelette de l'Éléphant et par conséquent dans celui du Mastodonte des parties qui, sauf les dimensions, ont plus d'analogie avec celles qui leur correspondent chez l'homme qu'avec tout autre mammifère; tels sont les os des membres postérieurs, l'atlas, l'axis, les vertèbres dorsales, les os du tarse, etc.

Bernard Palissy. 1563-1580.

Mais si, laissant ces premières données paléozoologiques plus ou moins vagues, nous cherchons des données géologiques précises et surtout des déductions plus naturelles et plus vraies, nous en trouverons, d'un mérite réel, dans l'œuvre de Bernard

(1) Cuvier, *Recherch.*, etc., vol. II, p. 56. Note de Laurillard.
(2) *De gigantibus*, p. 64.
(3) *Dict. de la Bible*, II, p. 161.

Palissy, né en 1510, à la Chapelle-Biron, en Périgord. Nous n'avons pas à nous occuper de Palissy sous le rapport de la céramique, dont il a laissé des spécimens aujourd'hui si recherchés des curieux, mais nous le considérerons comme naturaliste essentiellement observateur et pratique. « Un potier de terre, « qui ne savait ni latin ni grec, dit Fontenelle (1), fut le pre- « mier, vers la fin du XVIe siècle, qui osa dire dans Paris, et à « la face de tous les docteurs, que les coquilles fossiles étaient « de véritables coquilles déposées autrefois par la mer dans les « lieux où elle se trouvait alors, que des animaux, et sur- « tout des poissons, avaient donné aux pierres figurées toutes « leurs différentes figures, etc., et il défia hardiment toute « l'école d'Aristote d'attaquer ses preuves. C'est Bernard Palissy, « saintongeois (2), aussi grand physicien que la nature seule « en puisse former un. Cependant son système a dormi près « de cent ans, et le nom même de l'auteur est presque ignoré.»

En 1580, Palissy publia son ouvrage intitulé : *Discours admirables de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des émaux; avec plusieurs autres excellents secrets des choses naturelles. Plus un traité de la marne fort utile et nécessaire à ceux qui se mellent de l'agriculture. Le tout dressé par dialogues, ès quels sont introduits la théorique et la practique* (3).

L'auteur y traite (p. 218) de la silicification du bois et des infiltrations ferrugineuses, par suite de leur immersion dans des eaux contenant de la silice en dissolution ou une grande

(1) *Mémoires de l'Acad. roy. des sciences* pour l'année 1720, p. 5.

(2) Fontenelle suppose que Palissy était saintongeais, parce que ce fut à Saintes, où il résida longtemps, que se firent tous les essais de céramique qui précédèrent les travaux qui ont immortalisé son nom.

(3) In-8. Paris, 1580.—Ce volume, très-rare, a été réuni à un autre ouvrage publié d'abord en 1563 à la Rochelle, et tous deux parurent en 2 vol. in-8 à Paris, en 1636, sous le titre : *Moyen de devenir riche*, etc. En 1777, Faujas de Saint-Fond et Gobet en donnèrent une éd. in-4 sous le titre d'*OEuvres de Bernard Palissy*. Celle que nous suivons ici a été publiée en 1844 chez Dubochet (1 vol. in-12), et est accompagnée de Notes par P. A. Cap.

quantité de fer. Le même mode d'action minéralisatrice est ensuite appliqué aux poissons et aux coquilles. Il cite déjà les ichthyolithes ou poissons pétrifiés des schistes cuivreux du Mansfeld; il parle d'une manière fort exacte du changement du test des coquilles en calcaire spathique, sans que leurs formes et les plus petits accidents de leur surface aient disparu ou aient été modifiés. Ainsi l'on voit que les altérations, les substitutions de matières, les divers arrangements moléculaires apportés par certaines circonstances dans l'état ou dans la composition des restes organiques, animaux et végétaux, par suite de leur séjour plus ou moins prolongé dans les couches de la terre, avaient été compris et expliqués en France il y a près de trois siècles.

« Il est donques aisé à conclure, continue Palissy (p. 219), « que les poissons qui sont réduits en métal ont esté vivants « dans certaines eaux et estangs, èsquelles eaux se ont entre- « meslées autres eaux métalliques qui depuis se sont congelées « en miniere d'airain, et ont congelé le poisson et le vase, et « les eaux communes se sont exalées suivant l'ordre commun, « qui leur est ordonné comme ie t'ay dit cy dessus; et si lors « que les eaux se sont congelées en métal il y eut eu en icelles « quelque corps mort, soit d'homme ou de beste, il se fut aussi « réduit en métal : et de ce n'en faut aucunement douter. »

Plus loin (p. 272) il réfute l'opinion de Cardan, qui croyait que les coquilles pétrifiées étaient venues de la mer pendant le déluge. « Et quant est du poisson portant coquille, continue-t-il, « au temps de la tourmente ils s'attachent contre les rochers en « telle sorte que les vagues ne les sçauroyent arracher, et plu- « sieurs autres poissons se cachent au fond de la mer, auquel « lieu les vents n'ont aucune puissance d'esbranler ny l'eau « ny le poisson. Voilà une preuue suffisante pour nier que les « poissons de la mer se soyent espandus par la terre ès iours du « Deluge. Si Cardanus eust regardé le livre de Genese il eust « parlé autrement : car là Moyse rend témoignage qu'és iour, « du Deluge, les abymes et ventailles du ciel furent ouuertes, « et pleut l'espace de quarante iours, lesquelles pluyes et « abymes amenerent les eaux sus la terre et non pas le desbor-

« dement de la mer. » « Si tu avois bien considéré le grand « nombre de coquilles pétrifiées qui se trouvent en la terre, tu « connoistrois que la terre ne produit gueres moins de poissons « portant coquilles que la mer : comprenant en icelle les « rivieres, fontaines et ruisseaux. L'on voit aux estangs et ruis- « seaux plusieurs especes de moules et autres poissons portant « coquilles, que quand lesdites coquilles sont ietées en terre, « si en icelle il y a quelque semence salsitive, elles se viendront « à pétrifier... » P. 275 : « Parquoy ie maintiens que les pois- « sons armez, et lesquels sont pétrifiez en plusieurs carrieres, « ont esté engendrez sur le lieu mesme, pendant que les ro- « chers n'estoyent que de l'eau et de la vase, lesquels depuis ont « esté petrifiez avec lesdits poissons comme tu entendras plus « amplement cy apres, en parlant des rochers des Ardennes...»

« Et quant est des pierres où il y a plusieurs especes de co- « quilles, ou bien qu'en vne mesme pierre il y en a grande « quantité d'vn mesme genre, comme celles du fauxbourg « Sainct Marceau lés Paris, elles-là sont formées en la maniere « qui s'ensuit, sçavoir est, qu'il y avoit quelque grand récep- « tacle d'eau, auquel estoit un nombre infini de poissons armez « de coquilles, faictes en limace piramidale, etc. »

Palissy mentionne ensuite fort en détail les pierres qui for- ment les collines des environs de Sedan, dans les Ardennes, de Soubise à l'embouchure de la Charente, de Soissons, de Villers-Cotterets, de Crespy, etc. « Et parce qu'il se trouve aussi, dit-il « encore (p. 277), des pierres remplies de coquilles, iusques « au sommet des plus hautes montagnes, il ne faut que tu « penses que lesdites coquilles soyent formées, comme aucuns « disent que nature se iouë à faire quelque chose de nouueau. « Quand i'ay eu de bien près regardé aux formes des pierres, « i'ay trouué que nulle d'icelles ne peut prendre forme de co- « quille ny d'autre animal, si l'animal mesme n'a basti sa « forme : parquoy te faut croire qu'il y a eu iusques au plus « haut des montaignes des poissons armez et autres, qui se « sont engendrez dedans certains cassars ou réceptacles d'eau, « laquelle eau meslée de terre et d'vn sel congelatif et gene-

« ratif, le tout s'est reduit en pierre auec l'armure du poisson, « laquelle est demeurée en sa forme. »...... P. 280 : « Enfin « i'ay trouvé plus d'especes de poissons ou coquilles d'iceux, « petrifiées en terre, que non pas des genres modernes, qui « habitent en la mer Oceane. Et combien que i'aye trouué des « coquilles petrifiées d'huistres, sourdons, auaillons, iables, « moucles, d'alles, couteleux, petoncles, chastaignes de mer, « escreviсes, burgaulx, et de toutes especes de limaces, qui « habitent en ladite mer Oceane, si est-ce que i'en ay trouué « en plusieurs lieux, tant és terres douces de Xaintonge que « des Ardennes, et au pays de Champagne d'aucunes especes, « desquelles le genre est hors de nostre connoissance, et ne « s'en trouue point qui ne soyent lapidifiées. »

Répondant à son interlocuteur *Théorique* sur l'emploi d'une tarière pour atteindre au-dessous du sol la marne destinée à amender les terres, Palissy ou *Practique* ajoute (p. 341) : « Toutesfois en plusieurs lieux les pierres sont fort tendres et « singulierement quand elles sont encores en la terre : par- « quoy me semble que vne tariere torciere les perceroit aisé- « ment, et apres la torciere on pourroit mettre l'autre tariere, « et par tel moyen on pourroit trouuer des terres de marne, « voire des eaux pour faire puits, laquelle bien souuent pourroit « monter plus haut que le lieu où la pointe de la tariere les « aura trouuées : et cela se pourra faire moyennant qu'elles « viennent de plus haut que le fond du trou que tu auras fait. » ..... « Nous sçauons qu'en plusieurs lieux les terres sont faites « par diuers bans, et en les fossoyant on trouue quelquesfois « vn ban de terre, vn autre de sable, vn autre de pierre, et un « autre de terre argileuse : et communement les terres sont « ainsi faites par bans distinguez. Ie ne te donneray qu'vn « exemple pour te seruir de tout ce que ie t'en sçaurois iamais « dire : regarde les minieres des terres argileuses qui sont près « de Paris, entre la bourgade d'Auteuil et Chailiot, et tu « verras que pour trouuer la terre d'argile, il faut premiere- « ment oster vne grande espesseur de terre, vne autre espes- « seur de grauier, et puis après on trouue vne autre espesseur

« de terre d'argile, de laquelle l'on fait toute la tuille de Paris « et lieux circonuoisins. »

L'annotateur de cette édition des Œuvres de Palissy ajoute avec toute raison (p. 341, *nota*) : « Le système du sondage « des terres, la théorie de la stratification du sol, l'idée primi- « tive, et nous ajouterons le principe de physique sur lequel « reposent les puits artésiens, c'est-à-dire les principaux élé- « ments de la géologie sédimentaire, se trouvent réunis dans « ces deux pages. C'était la première fois que ces idées étaient « exprimées théoriquement en même temps qu'elles étaient « démontrées par la pratique. » Mais ces résultats d'une haute importance avaient si peu pénétré dans l'esprit des hommes qui s'occupaient de géologie, qu'ils n'étaient point encore professés en France au commencement du XIXe siècle, dans les chaires spéciales consacrées à cette science.

Après cette première lueur jetée sur les phénomènes de la nature par un de ces esprits que Montaigne appelait *primesautiers*, il s'écoule plus d'un siècle avant que nous trouvions à signaler quelques recherches qui nous intéressent, et c'est pendant ce siècle que Lister, Lhwyd, Woodward, F. Colonna, Sténon, Scilla, Aldrovande, Gesner, Langius, Leibnitz, Lachmund, Reiskius et tant d'autres, préludaient autour de nous, par des travaux utiles, aux études plus importantes de leurs successeurs. Comment cette période si féconde à d'autres égards et que l'on a chez nous appelée le *grand siècle* a-t-elle été si stérile en observateurs de la nature et a-t-elle légué à celle qui l'a suivie le soin de remplir cette grande lacune? C'est ce que nous ne rechercherons pas en ce moment, mais ce dont ne peut manquer d'être frappé quiconque étudie le développement comparatif de l'esprit humain dans ses applications aux diverses sciences, chez divers peuples, à un moment donné de la civilisation générale. XVIIIe siècle.

Les pétrifications de Boutonnet, faubourg de Montpellier, avaient bien été signalées par Astruc (1), mais d'une manière

(1) *Histoire de la Soc. acad. de Montpellier*, vol. I, 17 déc. 1707.— *Mém. sur l'hist. naturelle de la province du Languedoc*, 1737.

peu intelligible aujourd'hui. Suivant l'auteur, la plupart des coquilles de la Méditerranée sont représentées dans ce dépôt abandonné par la mer, dont il constituait l'ancien lit.

De Réaumur.

Mais, en réalité, c'est le mémoire de Réaumur sur les coquilles marines de quelques cantons de la Touraine (1) qui est venu rouvrir la voie depuis si longtemps fermée. Ces amas de coquilles brisées ou entières, que l'on exploite pour l'amendement des terres, à une faible profondeur au-dessous de la surface du sol, et désignés dans le pays sous le nom de *faluns*, ont été attribués par l'auteur à leur véritable origine, c'est-à-dire au séjour de la mer dans cette partie du bassin de la Loire.

« Ce doit être encore une chose étonnante, dit Fontenelle, « que le sujet des observations de M. de Réaumur, une masse « de 130,680,000 toises cubes, enfouie sous terre, qui n'est « qu'un amas de coquilles ou de fragments de coquilles, sans « nul mélange de matière étrangère, ni pierre, ni terre, ni « sable; jamais, jusqu'à présent, les coquilles fossiles n'ont « paru en si énorme quantité, et jamais, quoiqu'en une quan- « tité beaucoup moindre, elles n'ont paru sans mélange.

« Ce qu'on tire de terre et qui ordinairement n'y est pas à « plus de 8 ou 9 pieds de profondeur, ce ne sont que de petits « fragments de coquilles très-reconnaissables pour en être des « fragments; car ils ont les cannelures très-bien marquées; seu- « lement ils ont perdu leur luisant et leur vernis, comme « presque tous les coquillages qu'on trouve en terre qui « doivent y avoir été longtemps enfouis. » ..... « Quelquefois « il se trouve des coquilles entières. On reconnaît les espèces « tant de celles-ci que des fragments un peu gros; quelques- « unes sont comme sur les côtes du Poitou; d'autres appar- « tiennent à des côtes éloignées. Il y a jusqu'à des fragments « de plantes marines pierreuses telles que des Madrépores, des « Champignons de mer, etc...... Le canton qui en quelque « endroit qu'on fouille fournit du falun a bien neuf lieues « carrées de surface. On ne perce jamais la minière de falun

(1) *Mém. de l'Acad. r des sciences*, année 1720, p. 400.

« au delà de 20 pieds, mais elles peuvent avoir une profondeur « beaucoup plus grande, de sorte que l'évaluation cubique de « 130,680,000 toises, basée sur une profondeur de 18 pieds « seulement et la lieue de 2,200 toises, serait au minimum. « Peut-être l'amas de coquilles est-il de beaucoup plus grand « que nous ne l'avons supposé; qu'il soit seulement double, « combien la merveille augmente-t-elle!.... Il faut que la mer « ait apporté dans ce lieu-là toutes ces coquilles, soit entières, « soit quelques-unes déjà brisées; et, comme elle les apportait « flottantes, elles étaient posées sur le plat et horizontale- « ment.... Il paraît assez par là qu'elles n'ont pu être apportées « que successivement; et, en effet, comment la mer voiturerait- « elle tout à la fois une si prodigieuse quantité de coquilles et « toutes dans une position horizontale? Elles ont dû s'assem- « bler dans un même lieu et par conséquent ce lieu a été le « fond d'un golfe ou une espèce de bassin. »

« Toutes ces réflexions prouvent, continue le secrétaire de « l'Académie, que quoiqu'il ait dû rester et qu'il reste effecti- « vement sur la terre beaucoup de vestiges du déluge universel « rapporté par l'Écriture sainte, ce n'est point ce déluge qui a « produit l'amas des coquilles de la Touraine.... Elles ont dû « être apportées et déposées doucement, lentement et par con- « séquent en un temps beaucoup plus long qu'une année. Il « faut donc, ou qu'avant, ou qu'après le déluge la surface de la « terre ait été, du moins en quelques endroits, bien différem- « ment disposée de ce qu'elle est aujourd'hui, que les mers et « les continents y aient eu un autre arrangement, et qu'enfin il « y ait eu un grand golfe au milieu de la Touraine.

« M. de Réaumur imagine comment ce golfe tenait à l'Océan, « et quel était le courant qui y charriait les coquilles; mais ce « n'est qu'une simple conjecture, ajoute Fontenelle, donnée « pour tenir lieu du fait véritable inconnu, qui sera toujours « quelque chose d'approchant. »

Aujourd'hui on trouverait au moins fort bizarre le moyen imaginé par de Réaumur pour faire arriver l'Océan dans la vallée de la Loire, ou du moins un courant qui aurait transporté et

accumulé ces débris de coquilles dans une dépression du sol. Au lieu de faire remonter la mer en suivant la vallée actuelle, ce qui semble assez naturel, il fait venir de la Manche, entre Dieppe et Montreuil, un courant qui descend au sud en passant par Chaumont, près Gisors, où il laisse les coquilles si abondantes dans cette localité, puis par Paris, pour expliquer l'origine de celles qui remplissent le calcaire grossier. Le courant se dirigeait ensuite par Chartres, où il laissa les oursins siliceux qui dans ce pays proviennent de la craie sous-jacente, traversa la Touraine, le Poitou, pour rejoindre la mer entre les Sables-d'Olonne et la Rochelle, abandonnant aux environs de Niort et de Saint-Maixent les cornes d'Ammon, les oursins et les coquilles pétrifiées si fréquentes dans ce pays. Ainsi ce courant imaginaire rendait contemporains des animaux que nous savons aujourd'hui avoir vécu à des époques extrêmement différentes et dont la plus récente est celle de ces mêmes faluns.

Mais la réflexion que le fait suggère à Fontenelle, qui, suivant l'usage d'alors, donnait en tête de chaque volume des *Mémoires de l'Académie* un résumé succinct, mais toujours substantiel, des travaux présentés dans le cours de l'année, mérite d'être rapportée. « Pour parler sûrement sur cette matière, « il faudrait avoir des espèces de cartes géographiques dressées « selon toutes les manières de coquillages enfouis en terre. « Quelle quantité d'observations ne faudrait-il pas, et quel « temps pour les avoir! Qui sait, cependant, si les sciences « n'iront pas un jour jusque-là, du moins en partie! »

Ainsi, ce que disait Fontenelle en 1720, nous le verrons réalisé juste un siècle après lui, car les cartes géologiques des terrains de sédiment ne sont que la combinaison de cette pensée de l'illustre secrétaire perpétuel avec l'étude stratigraphique du pays. On a vu que, 36 ans auparavant, Lister avait eu l'idée des cartes géologiques, mais il n'est pas bien certain que ce fût au même point de vue, et, d'un autre côté, rien ne prouve que Fontenelle songeât à la succession ou à un certain ordre chronologique dans les cartes qui auraient représenté la distribution

des différentes sortes de coquillages. Quant à son évaluation du volume des faluns comme au minimum, il avait encore parfaitement raison, lorsqu'on songe au développement de ces dépôts connus aujourd'hui, depuis l'embouchure de la Loire jusqu'aux environs de Blois.

A. de Jussieu, Boulanger, Sauvage, etc.

Deux ans auparavant, Antoine de Jussieu (1) étudiait les empreintes de plantes trouvées dans les schistes houillers de Saint-Chamont, entre Saint-Étienne et Rive-de-Gier. Il remarquait la disposition de ces empreintes représentant toujours la même face en creux d'un côté, et en relief de l'autre. Il faisait observer, en outre, que tous ces restes de végétaux n'avaient leurs analogues ni aux environs ni même en France, et qu'il fallait, pour les trouver aujourd'hui, aller jusqu'aux Indes ou dans l'Amérique équinoxiale. Fontenelle ajoute que Leibnitz avait fait les mêmes remarques pour des empreintes de plantes fossiles de l'Allemagne.

La présence de ces végétaux aux environs de Lyon était attribuée, par de Jussieu, à un flot de la mer des Indes ou du nouveau monde, qui aurait été poussé dans cette direction par quelque grande révolution de la surface de la terre; il aurait apporté ces plantes étrangères et les aurait abandonnées sur des points où les eaux peu profondes se seraient ensuite évaporées.

Lorsque des hommes tels que de Réaumur et de Jussieu se livrent à de pareilles hypothèses, on peut juger quelles étaient les connaissances géologiques et de physique du globe répandues en France au commencement du XVIIIe siècle.

Dans un autre mémoire, le second de ces savants a signalé d'abord l'analogie d'une graine fossile, provenant aussi de Saint-Chamont, avec celle d'un arbre qui vit actuellement aux Indes; puis il a fait connaître des plaques palatales de poissons provenant des terrains des environs de Montpellier (2). Enfin on doit encore à de Jussieu un travail sur l'origine et la formation

(1) *Mém. de l'Acad. roy. des sciences*, p. 3 et 287, 1718.
(2) *Ibid.*, 172 , p. 69.

des cornes d'Ammon (1), qu'il regarde comme des espèces analogues au Nautile des Indes (*N. pompilius* Lam.), et qui se sont pétrifiées dans les roches. Il dit qu'on peut déjà en distinguer plus de 100 espèces, sans compter les variétés; et nous avons vu, en effet, précisément dans le même temps, Scheuchzer en caractériser 140. Le secrétaire de l'Académie, en mentionnant ce mémoire, rappelle que, d'après Pline, Solinus et d'autres auteurs latins, ces pétrifications étaient ainsi nommées parce qu'elles venaient de la Libye, où la statue de Jupiter Ammon, qu'on y adorait, portait des cornes de bélier auxquelles ressemblent ces pétrifications; mais nous avons fait voir que l'origine de cette étymologie ne reposait encore sur aucune base certaine. De Jussieu a également signalé des restes d'Hippopotame non loin de Montpellier, dans un endroit appelé la Mosson.

Avant de nous occuper des auteurs les plus marquants du milieu de ce siècle, nous grouperons ici quelques publications qui, de 1720 à 1770, ont plus ou moins attiré l'attention des naturalistes; les unes se distinguent par l'étrangeté des idées, les autres, en traitant de sujets assez bornés, sont dépourvues de caractères particuliers et n'offrent qu'un faible intérêt.

Boulanger (2), qui avait observé, surtout au point de vue de l'ingénieur, le cours de la Marne et son bassin hydrographique, prenait les oolithes, si fréquentes dans certains calcaires jurassiques de ce pays, pour des œufs ou germes de coquillages, et confondait avec elles de véritables rhizopodes, telles que les Miliolithes du calcaire grossier des environs de Paris. Bien qu'il ait examiné fort en détail tout le pays compris entre Langres et la capitale, signalé les principales couches de roches et remarqué même les fossiles en place, on n'aperçoit dans son travail aucune idée de succession stratigraphique et encore moins de distinction des fossiles relativement à ces diverses couches.

Nous avons déjà parlé de L. Bourguet (*antè*, p. 59), qui,

(1) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, p. 236, 1722. — *Ibid*, 1724.

(2) *Mélanges d'hist. naturelle* d'Alléon Dulac, vol. I, p. 141, 1765. (Le mém. aurait été écrit en 1745 et 46.)

bien que né en France, s'était plus particulièrement occupé de l'histoire naturelle de la Suisse, où il résidait, et avait ajouté à son *Traité des pétrifications* un chapitre bibliographique assez étendu et l'indication de toutes les localités connues alors, où des fossiles avaient été observés.

L'abbé Sauvage (1) nous paraît être le premier qui ait décrit et fait représenter une coquille de rudistes bien caractérisée (*Radiolites Sauvagesi*, d'Orb.) et constituant par son abondance une couche aux environs d'Uzès, sur les pentes des Cévennes. Cette circonstance a été omise par la plupart des auteurs, qui, dans ces derniers temps, ont prétendu donner des monographies complètes de ces fossiles.

Suivant un article de Desmarest inséré dans l'*Encyclopédie méthodique* le chimiste Rouelle, professeur au Jardin des Plantes, faisait précéder son cours par une exposition des caractères des minéraux, et, à cette occasion, développait certaines idées sur la théorie de la terre et la composition de sa surface. Il y distinguait l'*ancienne terre* et la *nouvelle terre :* la première comprenant les roches granitiques massives; la seconde, un ensemble de lits et de bancs calcaires, argileux, marneux et sableux, déposés horizontalement et formés de débris organiques. Ceux-ci seraient distribués d'après un certain ordre, et leurs espèces différeraient suivant les pays, comme on l'observe encore dans les mers actuelles. Il indiquait par le nom d'*amas* la réunion ou l'association de certaines coquilles. Ainsi, il disait l'*amas des Vis* (comprenant sous cette dénomination les Turritelles, les Cérites, etc.), qui était particulièrement répandu aux environs de Paris, depuis Chaumont, à l'ouest, jusqu'à Courtagnon, près Reims, à l'est. L'*amas des Ammonites*, *des Bélemnites et des Gryphites* s'étendait dans la Bourgogne, le long de l'*ancienne terre* du Morvan. Rouelle avait, sur l'origine de la houille, des idées justes, mais émises depuis longtemps; il n'a rien fait, d'ailleurs, de particulier pour la connaissance des fossiles, et n'a laissé aucun écrit. Ce que nous savons de sa géologie

(1) *Mém. de l'acad. r: des sciences,* 1746.

nous a été transmis par Desmarest, qui paraît avoir été un de ses élèves, et dont la partialité si manifeste envers un de ses contemporains, dont nous parlerons tout à l'heure, pourrait bien avoir été trop favorable au contraire pour son maître.

B. de Maillet. Benoît de Maillet, qui avait séjourné longtemps en Égypte et fait plusieurs voyages dans le Levant comme consul général, fit imprimer, en 1735, un ouvrage qui ne parut qu'en 1748, intitulé *Telliamed* (anagramme de son nom), *ou Entretiens d'un philosophe indien avec un missionnaire français sur la diminution de la mer, la formation de la terre, l'origine de l'homme*, etc. (1). Il le dédia à Cyrano de Bergerac, auteur du *Voyage imaginaire dans le soleil et dans la lune.* « C'est à « vous, illustre Cyrano, dit-il, que j'adresse mon ouvrage : « puis-je choisir un plus digne protecteur de toutes les folies « qu'il renferme?... Extravaguer pour extravaguer, on peut « extravaguer dans la mer comme dans le soleil ou dans la « lune, » etc.

Un auteur qui débute ainsi ne peut pas être jugé bien sévèrement ; ce serait lui attribuer une importance à laquelle il ne semble pas prétendre; la critique est désarmée devant cet aveu et n'a point de prise sur un ouvrage où ce qui est sérieux doit cependant être signalé, si ce qui ne l'est pas échappe à la discussion.

Une préface bien pensée expose le sujet avec simplicité et s'attache à justifier plusieurs points de vue, entre autres ceux qui pourraient se trouver en contradiction avec une fausse interprétation littérale de la Bible. C'est ainsi que l'auteur dit (p. clij) : « Mais il est constant par la Genèse que le soleil ne fut « créé que le quatrième jour, et que, par conséquent, on ne « pouvait auparavant compter ni jours ni nuits; d'où l'on peut « conclure que ce terme de jours n'est employé en cet endroit « qu'improprement, métaphoriquement, et pour signifier la

(1) Mis en ordre sur les Mémoires de feu M. de Maillet, par J. A. G*** (Guer), 2 vol. in-8. Amsterdam, 1748. — Éd. IIe. La Haye, 1755.

« succession avec laquelle l'Intelligence supérieure exécuta les « différents ouvrages dont il y est parlé. »

On peut reconnaître, dans *Telliamed*, deux parties distinctes : l'une comprenant l'observation exacte de certains faits et les réflexions naturelles qu'ils suggèrent; l'autre des renseignements vagues, douteux ou tout à fait faux, servant de point de départ aux hypothèses les plus étranges. La première, qui aurait dû seule fixer l'attention, est précisément celle qui a été négligée, tandis que la seconde a échappé à l'oubli, demeurant comme un exemple souvent cité de conception bizarre ou originale. Le retentissement du livre, lors de son apparition, est dû à cette partie purement hypothétique, à laquelle l'auteur faisait sans doute allusion dans sa dédicace.

L'ouvrage est divisé en six entretiens ou journées, rapportés aux années 1715 et 1716 (1). Or, ce qui nous semble mériter d'être rappelé ici se trouve compris dans les trois premiers entretiens; les autres, qui ont fait la fortune de *Telliamed*, sont précisément ceux sur lesquels nous croyons inutile d'insister.

L'idée fondamentale de de Maillet, le grand fait d'où il déduit la formation des terrains, celle des continents et des îles, le développement successif des végétaux et des animaux, c'est l'existence, qu'il croit avoir démontrée, des eaux de la mer ayant enveloppé tout le globe à son origine, puis ayant diminué peu à peu jusqu'à leur état actuel. Tout est subordonné à ce résultat qui, par une coïncidence singulière, n'est autre que celui qu'admettaient les prêtres égyptiens trois mille ans avant qu'il ne vînt puiser ses inspirations dans cette même vallée du Nil. Il procède d'ailleurs, dans ses recherches, avec beaucoup d'ordre et de méthode, ce qui était assez rare alors.

Ayant observé que les pierres éloignées de la mer, comme celles qui en sont le plus rapprochées, avaient le même aspect et les mêmes caractères; qu'on y rencontrait partout, à toutes les hauteurs, des coquilles pétrifiées et différentes les unes des

(1) Il n'est pas inutile de rappeler cette date, qui est sans doute celle à laquelle de Maillet écrivait.

autres; que les pierres dans les carrières étaient de diverses couleurs et de diverses natures, de dureté et de qualité variables; qu'elles étaient disposées par lits au-dessus les unes des autres, il en conclut que le tout a été formé dans la mer, non pas en même temps, mais successivement, dans l'ordre où l'on voit chaque pierre, et que, par conséquent, la mer avait dû se retirer de plus en plus pour les laisser toutes à sec.

Pour s'assurer de ce premier fait, de Maillet étudie avec soin les côtes, la manière dont les dépôts s'y forment, et cherche même à se rendre compte des caractères de ceux qui sont à une plus ou moins grande profondeur. Il examine l'action des courants marins, celle des fleuves et des rivières qui ont des bancs ou des barres à leur embouchure, puis l'influence que peut avoir la forme de la plage ouverte ou resserrée, à pentes rapides et escarpées, ou très-plate, vaseuse, sableuse, caillouteuse, unie ou accidentée, sur la composition, la disposition, la hauteur, l'étendue et la direction des dépôts. Il reconnaît alors la plus grande analogie entre les caractères des roches dans les montagnes, les collines et les vallées, et ce qui se passe encore sous la mer et sur ses bords.

« Le nombre prodigieux de coquillages de mer de toute « espèce, dit-il (p. 28), cimentés à l'extérieur de l'une et « l'autre de ces congélations, depuis les bords de la mer jus-« qu'au plus haut de nos montagnes, ainsi qu'on le remarque « à ses rivages et dans les lieux qui en sont voisins, ne lui parut « pas une preuve moins convaincante de leur fabrication dans « le sein de celle où ces poissons naissent, vivent et meurent (1). « Des bancs considérables d'Huîtres qu'il rencontra sur cer-« taines collines, d'autres qui lui parurent insérés dans la sub-« stance même des montagnes, des monts entiers de coquillages

(1) Il ne faut pas oublier que *Telliamed* est le résultat supposé des entretiens de l'auteur avec un voyageur indien dont il reproduit la conversation. Il avait sans doute, pour présenter ses idées sous cette forme et sous un pseudonyme, les mêmes motifs que beaucoup de ses contemporains et de ses prédécesseurs.

« placés sur le sommet et au milieu d'autres collines de pierre « ordinaire, des vallées qui en étaient presque entièrement se- « mées à la hauteur de plusieurs pieds, des coquillages de mer « sans nombre sortant de la substance des montagnes que le « temps avait minées, tant de corps marins qui s'offraient à ses « yeux de toutes parts lui représentaient la juste image de ce « qu'il avait observé dans le sein de la mer même. C'était pour « lui une démonstration si forte de l'origine de nos terrains, « qu'il lui semblait étonnant que tous les hommes n'en fussent « pas convaincus. »

L'auteur passe ensuite à la formation des poudingues, le long des côtes couvertes de cailloux et de sable, et il en signale de semblables dans des collines élevées, où ils ont dû être formés par la même cause. Il cite, à ce sujet, les environs immédiats de Marseille, et distingue très-bien les dépôts de cailloux stratifiés de ceux apportés par les cours d'eau plus récents. Il s'occupe des marbres brèches et de leur origine; leur mode de formation et celui des marbres veinés est assez bien compris; il en est de même de la coloration des veines calcaires et des autres roches de diverses teintes; mais la cause de la couleur verte de certaines pierres, attribuée à des herbes qui auraient été enveloppées dans la pâte, ne prouve pas des connaissances minéralogiques bien étendues. Il remarque (p. 51) que, parmi les coquillages sans nombre qu'on observe dans les couches, les uns sont connus et les autres ne le sont pas, ou se rencontrent très-rarement sur les côtes actuelles voisines. Les cornes d'Ammon, par exemple, n'existent pas dans la mer et ne se trouvent que dans les parties les plus profondes du sol, tandis que les coquillages fréquents le long de nos plages se montrent dans des couches plus rapprochées de la surface, établissant ainsi la postériorité des secondes par rapport aux premières.

Des recherches et des comparaisons que de Maillet fit ensuite dans les escarpements des montagnes, dans les carrières, dans le creusement des puits, comme de tous les renseignements dont il s'était entouré, il conclut (p. 61) « que toutes les mon- « tagnes et tous les terrains de ce globe ne sont originairement

« que sable ou pierre; que la pierre est composée, ou de sable « durci ou de vase, ou d'un mélange de l'un et de l'autre, ou « faite d'argile et de ces autres dépôts des eaux de la mer qui se « trouvent encore dans son sein; que la diversité de couleur « dans les pierres procède de la diversité du grain et de celle des « matières qui sont entrées dans cette pétrification; que toutes « les montagnes primitives, même celles de sable dur non pétri- « fié, sont composées de lits arrangés les uns au-dessus des « autres, presque toujours horizontalement, plus épais ou plus « minces, et d'une couleur ou d'une dureté souvent inégales, ce « qui ne peut provenir que d'un arrangement successif des « diverses matières dont ces amas sont formés; que ces arran- « gements ont lieu du sommet des plus hautes montagnes jus- « qu'au plus profond de leurs abîmes et jusqu'à ce qu'on arrive « à l'eau...; qu'il n'est pas possible d'imaginer que l'arrange- « ment de ces matières, diverses en qualité, en substance, en « couleur et en dureté, ait pu se faire autrement que dans le « sein de la mer, et par les différentes matières dont les eaux se « sont trouvées chargées durant tout le temps nécessaire à la « fabrication de ces amas prodigieux...; que, pour preuve de « cette vérité, la mer continue encore aujourd'hui dans son fond « le même travail; que dans l'éloignement de ses rivages on re- « trouve le même arrangement par lits de diverses matières non « encore endurcies, et que l'on rencontre aussi sur les côtes des « amas de ces mêmes matières, qui sont employées dans les « pétrifications collées à la superficie de toutes les grandes « montagnes, » etc.

L'auteur admet que la mer s'est élevée fort au-dessus de ces dernières, mais qu'alors elle ne renfermait pas encore d'êtres organisés, parce qu'on n'en rencontre pas de traces dans les hautes montagnes primitives. C'est dans celles qui se formèrent après le premier abaissement des eaux, sur les pentes des précédentes, que les plantes d'abord, puis les poissons et les coquillages, vécurent au milieu des débris et des accumulations de sable, de vases et autres matériaux provenant de la destruction des roches anciennes, et ainsi se succédèrent les diverses

couches qui ensevelissaient au fur et à mesure les animaux que ces mers nourrissaient.

(P. 76.) Les preuves que rapporte de Maillet dans le second entretien sont prises, sans qu'il s'en aperçoive, dans un ordre de faits différent. Ce sont les restes d'industrie humaine, supposés trouvés dans des bancs de roches réguliers, des débris de squelettes humains recueillis dans des circonstances analogues, des os d'une race de géants (1), etc., et d'autres données également sans valeur, parce qu'elles n'ont aucun caractère d'authenticité. Il explique, d'ailleurs, d'une manière fort naturelle, l'hétérogénéité des dépôts sédimentaires, des poudingues, des brèches, des calcaires sableux, des marbres veinés, panachés, etc., dont les parties verdâtres sont toujours pour lui des herbes maritimes.

Après avoir rappelé les observations de de Jussieu sur les empreintes de plantes de Saint-Chamont, il traite des poissons fossiles de la Syrie, provenant de deux localités éloignées de deux journées de marche de la mer, fort élevées au-dessus de son niveau et distantes l'une de l'autre de 4 ou 5 lieues. Il remarque que les poissons lui ont paru être les mêmes que ceux qu'on pêche encore sur la côte, qu'ils sont posés à plat dans le sens des lits de la pierre, que ces lits sont réguliers et surmontés d'une infinité d'autres également réguliers.

Lorsque de Maillet observait lui-même, il le faisait avec beaucoup de sagacité, comme on peut en juger par sa description de la couche de minerai de fer de Moyeuvre, dans la vallée de la Moselle, entre Metz et Thionville. Il a constaté sa position stratigraphique par les considérations mêmes que nous employons aujourd'hui. P. 89 : « La veine ou le lit de cette mine, « dit-il, de l'épaisseur à peu près de 6 pieds, non-seulement « s'étend horizontalement sous une de ces montagnes à 2 ou

(1) P. 77 : « On en déterra un, dit-il, il y a peu de temps, à Saint-Ange, « terre voisine de Moret, en Gatinais, appartenant à M. de Caumartin. Il fut « trouvé dans une montagne de marbre; son squelette était de la longueur « de 14 pieds. »

« 3 toises seulement de l'élévation du ruisseau, mais elle court « encore à pareille hauteur et de la même épaisseur sous la « montagne opposée et sous toutes les autres qui leur sont « contiguës, soit qu'elles en soient séparées ou non par de pro- « fondes vallées. Je retrouvai la même mine, et à la même hau- « teur, sous les montagnes de la Lorraine allemande, au delà « de la Moselle, et sous d'autres montagnes du Bassigny et des « pays voisins, c'est-à-dire dans l'étendue de plus de 30 lieues. « Il n'y a point de doute que ce lit, si égal, de cette vaste mine, « ne soit un dépôt que les eaux de la mer ont formé en ces « lieux, lorsque toutes les montagnes dont elle est couverte « n'étaient pas même encore commencées. Ce fait est justifié « non-seulement par la vaste étendue de cette mine, dont les « bornes ne sont pas connues, par la qualité et l'épaisseur de « son lit, qui sont les mêmes dans tous les lieux où elle se dé- « couvre, mais encore par le nombre infini de couleuvres de « mer et de coquilles de cornes d'Ammon qu'on trouve pétri- « fiées dans cette vase ferrugineuse (1). »

Il cite ensuite d'autres preuves de la répartition universelle des fossiles, tels que le mont Pilate, dans le canton de Lucerne, l'île de Malte, qu'il avait observée à plusieurs reprises, la présence des polypiers ou madrépores recueillis par lui sur divers points, celle des bancs d'Huîtres de la Toscane, du Pisan et de diverses autres parties du globe. Sa description de la colline de Sainte-Croix-du-Mont, sur la rive droite de la Garonne, en amont de Bordeaux, et du banc d'Huîtres qu'elle renferme, est aussi exacte que celle de la couche de minerai de la Lorraine. Les citations de fossiles en Égypte, sur les bords du Rhin et dans d'autres localités de la France, viennent encore ajouter à la masse des preuves accumulées à l'appui de son hypothèse; aussi dit-il (p. 106) : « Comment n'être pas persuadé que ce « globe que nous habitons est l'ouvrage de la mer, et qu'il a « été formé dans son sein comme se forment encore sous ses

(1) Comparez, pour l'exactitude de cette description, *Hist. des progrès de la géologie*, vol. VI, p. 343, 1856.

« eaux de pareilles compositions, ainsi que nous le voyons de « nos propres yeux sur les rivages qui ont peu de profondeur « et comme les plongeurs nous en assurent. »

De Maillet attribue la formation de la plupart des îles de la Méditerranée à l'action combinée des courants circum-méditerranéens; les vallées et les montagnes aujourd'hui émergées auraient eu une origine analogue, opinion que nous avons vue émise plus tard par de Saussure lors de ses premiers travaux (*antè*, p. 64 et 76).

Contrairement à la plupart de ses prédécesseurs, de ses contemporains et à bon nombre de ceux qui sont venus après lui, l'auteur de *Telliamed* nie la possibilité du déluge universel, tel qu'on le comprend ordinairement; il discute la question avec une entière liberté, et ce n'est pas un des passages les moins remarquables de son livre. Depuis Bernard Palissy nous ne voyons pas qu'elle ait été traitée avec plus de bon sens.

Il rappelle et interprète à son point de vue la disparition des villes anciennes de la vallée du Nil, et suppose que la mer remontait autrefois dans cette vallée de manière à baigner successivement leurs murs, et cela jusqu'à une grande distance de la côte actuelle du Delta. Pour lui, les roches coquillières des environs des pyramides, du Caire, et probablement la colline de Mokatam, ont été formées alors que le pays était déjà habité sur certains points. Il croit trouver partout des preuves de la diminution de la mer. Cette diminution devant se continuer dans l'avenir, il entrevoit par suite la réunion de la France aux Iles-Britanniques, de l'Espagne à l'Afrique, etc. Des mers intérieures se forment çà et là par la mise à sec de certaines portions de terre qui font encore aujourd'hui partie de l'Océan. Avec l'accroissement des continents, le cours des fleuves et des rivières augmente aussi, et tous les faits connus d'ensablement des côtes, sur celles de la Méditerranée, comme sur celles de l'Océan, concourent encore à prouver le retrait de la mer.

Dans son troisième entretien, il s'attache à évaluer la pro-

portion de cet éloignement, combat les systèmes contraires, et l'on doit reconnaître qu'il y a dans l'ensemble de ses raisonnements et de ses preuves une liaison très-remarquable. Du moment que l'idée du soulèvement des parties solides de l'écorce terrestre ne se présente pas à l'esprit comme une chose possible, les déductions de son système sont très-logiques, si l'on en excepte toutefois la confusion qu'il fait en réunissant des phénomènes de même ordre, mais non contemporains. Il comprend bien d'ailleurs que la diminution doit se manifester partout en même temps et dans le même rapport, que l'élévation des eaux doit être égale par tout le globe et leur superficie uniforme (p. 175).

De Maillet réfute l'hypothèse des cavernes intérieures dans lesquelles les eaux se seraient englouties, hypothèse purement imaginaire, sur laquelle nous avons vu de Luc renchérir encore 40 ans après, pour bâtir un édifice beaucoup plus compliqué sans être plus solide, qu'il a soutenu pendant un temps à peu près égal et avec une ténacité digne d'une meilleure cause.

« Les histoires qui nous restent, dit plus loin l'auteur de « *Telliamed* (p. 178), ont si peu d'antiquité, elles sont si « confuses et si incertaines, à mesure qu'elles s'éloignent de « nous, qu'il n'est pas étonnant que nous ignorions ce qui « nous a précédé de quelques milliers d'années. » Cette remarque est beaucoup plus juste que ce que nous rapporterons plus loin sur le même sujet, d'après un des grands anatomistes modernes. De Maillet était fort instruit d'ailleurs de tout ce que l'on savait d'après les Anciens. Il avait beaucoup étudié les phénomènes récents sur le pourtour de la Méditerranée, c'est-à-dire dans les pays mêmes où les traditions et les données historiques sont le mieux conservées.

Le quatrième entretien est consacré à l'examen des différents systèmes sur l'origine et la nature des corps marins trouvés dans l'intérieur des montagnes. De Maillet s'appuie beaucoup sur les observations de Scilla, critique avec toute raison les rêveries de Langius, etc., puis, récapitulant les

faits connus en faveur de la formation des couches dans les eaux de la mer : « Tout enfin, dans la nature, dit-il (p. 52), « nous parle de cette vérité, que nos terrains sont l'ouvrage « de la mer et qu'ils en sont sortis par la diminution de ses « eaux. »

Dans le cinquième entretien l'auteur arrive enfin à la partie la plus difficile de son système, dont tous les éléments étaient bien liés jusque-là, c'est-à-dire aux causes de la diminution de la mer et aux conséquences de ce système par rapport à l'état passé, présent et futur de l'univers.

Les considérations générales sur l'ignorance où nous sommes du temps que les connaissances acquises par les peuples anciens ont mis pour se développer sont encore fort justes; mais ensuite, cessant d'être guidé par l'observation et les faits acquis, tout le reste de l'ouvrage n'est plus, sur les divers sujets qu'il traite, qu'une compilation de documents incomplets, de données fausses, d'erreurs de physique, sur lesquels de Maillet édifie les idées les plus bizarres, les plus obscures ou les déductions les moins justifiées. Ici, c'est à l'astronomie et aux phénomènes cosmiques qu'il a recours pour rendre compte de la diminution des eaux de la mer par suite d'une véritable évaporation qui les élève vers d'autres globes (p. 95), là, c'est l'origine des volcans qui est attribuée aux huiles et aux graisses provenant des animaux marins (p. 101). « C'est de ces corps « huileux et combustibles, dit-il, que les montagnes du Vésuve, « de l'Étna, et tant d'autres qui comme elles vomissent des « torrents de feu, sont farcies dans leurs entrailles. » Nous ne nous arrêterons point davantage à de pareilles idées, qui sortent du domaine de la science, non plus qu'à celles qui se rapportent aux destinées de la terre, du soleil, des comètes et des étoiles, où l'imagination de l'auteur va se perdre avec celle de son ami Cyrano.

Nous n'insisterons pas davantage sur le sixième entretien de *Telliamed*, celui où il traite de l'origine de l'homme et des animaux et de la propagation de l'espèce par les semences. C'est celui qui par son étrangeté, parce qu'il se rattache à

une question qui nous touche de plus près, parce que l'idée fondamentale qu'il développe a été reprise depuis par un zoologiste éminent, et se retrouve encore au fond de beaucoup d'ouvrages modernes plus ou moins philosophiques, c'est cet entretien, disons-nous, qui a valu à l'auteur toute sa célébrité.

Les animaux et les végétaux marins, laissés à sec par le retrait de la mer, se seraient transformés, suivant lui, en animaux et végétaux terrestres par la seule nécessité de s'accommoder au nouveau milieu dans lequel cette circonstance, prévue ou imprévue du Créateur, de Maillet ne le dit pas, les a obligés de vivre. Telle est la pensée que l'auteur cherche à appuyer par des raisonnements, des preuves et des exemples tous plus ou moins contestables.

Mais si, laissant de côté cette partie *fantaisiste* de son livre, à laquelle, nous en sommes convaincu par son propre aveu, il n'accordait aucune importance réelle, nous ne considérons que les quatre premiers entretiens, nous trouverons que *Telliamed* vaut mieux que sa réputation, qu'il y a dans ses recherches, dans la suite et l'arrangement des faits, beaucoup plus d'entente d'un véritable système que dans la plupart des ouvrages de son temps; mais aussi, comme dans tous les livres où l'imagination finit par l'emporter sur l'observation et l'expérience, celui dont nous venons d'essayer de reproduire les points les plus importants commence avec toute la sévérité des méthodes scientifiques, pour se terminer par les conceptions les plus dénuées de vraisemblance.

De Luc (1), après avoir examiné le système de Le Catt (2), suivant lequel toutes les matières du globe se sont arrangées dans l'ordre de leur pesanteur spécifique, de manière que l'eau est la dernière couche qui ait environné tout le globe, de Luc, disons-nous, étudie avec un soin particulier l'ouvrage de de Maillet, et, bien qu'il ne l'apprécie pas au même point de vue que nous, il lui rend cependant plus de justice que la plupart des écrivains

(1) *Lettres physiques et morales*, vol. II, 5e part., p. 269, 1779.
(2) *Magasin français*, juillet 1750.

qui en ont parlé. « M. de Maillet, dit-il en terminant cette « longue analyse (p. 385), me paraît avoir bâti son système « sur plus de vérités de fait et plus de principes de physique « reconnus qu'aucun de ceux qui, comme lui, se sont embar- « qués dans la recherche d'une origine du monde, unique- « ment due à des combinaisons de la matière. Ce qu'il a « bien vu en cosmographie est entré dans notre provision de « faits ; ce qu'il a mal vu, détruit par des faits, m'a conduit « à les faire connaître, et ses erreurs sur l'origine de ce *qui* « *a vie* nous ont donné occasion d'apercevoir combien, sur ce « point, l'histoire naturelle et la physique sont impuissantes. » Il est certain qu'en faisant intervenir une *puissance surnaturelle* dans la question, comme on a vu que le faisait de Luc, on se dispense de tout effort d'imagination et l'on n'a pas besoin de chercher l'origine des animaux et des végétaux terrestres dans une transformation des espèces aquatiques laissées à sec par l'éloignement de la mer.

Ces dernières vues de de Maillet sont d'ailleurs, comme celles qu'émit J. Robinet dans ses *Considérations philosophiques sur la gradation naturelle des formes de l'être*, où le but général de la nature aurait été la tendance vers l'homme, manifestée par des produits qui lui ressemblaient de plus en plus, ces vues, disons-nous, sont celles que reproduisit, soixante ans après, de Lamarck, dans sa *Philosophie zoologique*, en y ajoutant tout ce que les progrès de la science et ses études personnelles pouvaient avoir de confirmatif à leur égard. Elles sont d'ailleurs tout autant du domaine de l'anthropologie spéculative que de celui de la paléozoologie positive, et, quant à cette dernière, plus elle s'agrandit, plus elle vient combler de lacunes dans la série des êtres, et moins elle justifie ces idées de transformations des types, vers lesquelles beaucoup de personnes manifestent aujourd'hui encore une certaine tendance.

Auteurs divers du milieu du XVIIIe siècle.

Avant de nous occuper des travaux de deux naturalistes qui tiennent, mais à des titres différents, une grande place dans l'histoire de la science pendant le second tiers du XVIIIe siècle, nous devons mentionner quelques recherches, qui, pour être

peu importantes par elles-mêmes, prouvent cependant que le goût de l'observation commençait à se répandre chez nous, quoique assez tardivement. Nous commencerons par celles qui se rapportent au sud de la France, et nous examinerons ensuite celles qui sont relatives au centre et au nord du même pays.

La comparaison des dents de poissons pétrifiés avec les dents des espèces vivantes a été essayée par Rivière (1); le père Castel a donné une dissertation sur les pierres figurées que l'on trouve à Saint-Chamont, dans le Lyonnais, et dans d'autres endroits; il a parlé aussi des coquillages et des autres vestiges laissés par la mer (2). Trembley s'est occupé des fossiles des montagnes qui séparent la Provence du Piémont (3); Alléon Dulac, dans ses *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du Lyonnais, du Forez et du Beaujolais* (4), a consacré le second volume presque en entier à la minéralogie et une note particulière aux fossiles de ce pays.

Près de Vienne, une dent fossile, trouvée en 1775, a été reconnue depuis pour avoir appartenu à un Mastodonte (5), et l'on doit à Gendon un catalogue assez détaillé des fossiles du Dauphiné avec l'indication des localités où ils ont été recueillis (6). Aux environs de Montpellier, Joubert (7) a signalé, de plus que son prédécesseur Astruc, des restes nombreux de poissons (dents de Lamma, de Squales, plaques palatales, etc.), mais il pense aussi que le territoire qui entoure cette ville n'a été formé que par les atterrissements de l'embouchure du Rhône. Il cite une grande Huître comme ayant son analogue en Amérique; c'est l'*O. crassissima*, Lam., voisine en effet de l'*O. virginica*. Près du village d'Aubaï, au sud-est de Sommières (Gard), Amo-

(1) *Mém. de l'acad. r. de Montpellier*, vol. I. — *Récréat. minér.*, vol. V, p. 283.

(2) *Mém. de Trévoux*, juin 1722, p. 1089.

(3) *Transact. philos.*, 1757.

(4) 2 vol. in-12, Lyon, 1765.

(5) *Journal de physique*, vol. I, p. 135, pl. 1, fig. 1, 2; 1773.

(6) *Affiches du Dauphiné*, mai et juin 1775.

(7) *Acad. r. de Montpellier*, séance publique du 30 déc. 1777, p. 17.

reux (1) a fait connaître l'existence de nombreux polypiers, d'échinides, d'acéphales et d'autres fossiles, mais sans aucuns détails circonstanciés. L'abbé Boissier de Sauvages a publié plusieurs mémoires sur les pétrifications des environs d'Alais (2).

Quant au mémoire de la Faille *sur les pierres figurées du pays d'Aunis* (3), il est absolument sans valeur, et, d'un autre côté, nous ignorons ce que contenaient les *Mémoires sur les coquillages fossiles*, *les oursins*, etc., trouvés dans les carrières de Léognan, près Bordeaux, *sur les coquillages fossiles de Saucats*, par M. de Baritault, *sur le banc de coquillages de la côte de Sainte-Croix du Mont*, *au sud de Bordeaux*, lu à l'académie de cette ville, le 25 août 1718, par Sarrau de Boynet, mémoires qui, suivant Hérissant (4), paraissent être restés inédits.

Pasumot a décrit une dent d'Éléphant trouvée dans l'Yonne, près d'Auxerre (5), et publié une note (6) sur un nouveau fossile qu'il classe parmi les *Poulettes* et qu'il désigne sous le nom de *Rostroïte*. Cette coquille, qu'il avait recueillie dans le Nivernais entre Saint-Révérien et Arsart, est celle qui a été désignée par L. de Buch en 1833 sous le nom de *Terebratula ringens*.

Buc'Hoz a publié, en 1769, un ouvrage intitulé : *Vallerius Lotaringiæ, ou Catalogue des mines, terres, fossiles et cailloux qu'on trouve dans la Lorraine et les trois évêchés*, extrait du Dictionnaire de toutes les mines, terres, fossiles, etc., de France. De Servières a décrit une dent d'Éléphant rencontrée dans le lit de la Moselle à Pont-à-Mousson (7), et le voyage exécuté de Bruxelles à Lausanne, en traversant une partie du pays de Luxembourg, de la Lorraine, de la Champagne et de la

(1) *Journal de physique* de l'abbé Rozier, vol. XXIII, p. 350; 1783.
(2) *Mém. de l'acad. r. des sciences*, 1743, p. 407-556. — *Mém. de l'acad. de Montpellier*, vol. II, p. 11.
(3) *Mercure*, n° d'oct. 1754, p. 13. — *Mélanges d'histoire naturelle* d'Alléon Dulac, vol. I, p. 304; 1765.
(4) *Bibliothèque physique de la France*, p. 152 et 381, in-8. Paris, 1771.
(5) *Journ. de phys.*, vol. II, p. 417; 1773.
(6) *Ibid.*, vol. V, p. 434; 1775.
(7) *Ibid.*, vol. XIV, p. 325; 1779.

Franche-Comté, renferment des détails minéralogiques qui pourraient encore être consultés (1). Pour le versant oriental des Vosges, Schœpflin (2) avait rassemblé d'assez nombreux matériaux.

Musard, dans sa lettre à M. Jallabert (3), prend des rhizopodes et surtout les Miliolites du calcaire grossier pour des œufs de poissons; mais il constate, par un examen assez attentif de toutes les roches calcaires du pays, que la constitution des couches de la terre doit beaucoup plus qu'on ne le croit généralement à l'action des forces organiques. Boulanger (4), dont nous avons parlé ci-dessus, croyait au contraire que les oolithes dont les calcaires de Chevillon et de Savonières, entre Joinville et Saint-Dizier, sont remplis, étaient des germes de mollusques dont il trouvait qu'il devait y avoir 46 milliards par toise cube de pierre. Il les confondait aussi, comme on l'a vu, avec les Miliolites.

On doit à J. d'Ortous de Mairan (5) quelques remarques sur les pétrifications trouvées à Breuilpont, à l'abbé Jacquin (6) une note sur les pétrifications d'Albert, en Picardie, qui constituent une masse de végétaux encroûtés de carbonate de chaux; à Wartel (7), une autre note sur les minéraux, les pierres et les pétrifications de l'Artois, et, à un anonyme, un *Mémoire sur quelques fossiles* de cette même province (8). L'abbé Dicquemarre s'est occupé de décrire plusieurs espèces de coquilles fossiles et particulièrement des Ammonites, (9) et, sous le nom d'*Ostéolithes*, il a fait connaître des débris de reptiles sauriens (probablement d'Ichthyosaures) provenant des argiles du cap

(1) *Ibid.*, vol. XXIII, p. 240; 1783.

(2) Voy. *Alsatia illustrata*, etc., S. XV. — Trad. allem., *Magaz. de Hambourg*, vol. VIII, p. 464.

(3) *Mélanges d'hist. naturelle* d'Alléon Dulac, vol. I, p. 233; 1765.

(4) *Ibid.*, p. 241. — La lettre du même auteur, *sur les terrains de la vallée de la Marne*, rédigée en 1745 et 1746, est insérée ici.

(5) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, Histoire, p. 21; 1721.

(6) *Mercure*, juin 1755.—Juillet, *id.*, p. 113.—Décembre, *id.*, p. 168; *id.*, 1757, p. 109.—*Mélanges d'hist. nat.* d'Alléon Dulac, vol. II, p. 171 et 187.

(7) *Soc. littéraire d'Arras*, 27 mars 1760.

(8) *Mém. sur quelques fossiles de l'Artois*, in-12, 1765.

(9) *Journal de physique*, vol. V, p. 435; 1775.

la Hève, près du Havre, et de celles des Vaches-Noires, sur la côte du Calvados (1). De Robien, à la suite de son ouvrage intitulé : *Nouvelles idées sur la formation des fossiles* (2), s'est occupé de trois différentes espèces de pierres figurées qui se trouvent en Bretagne.

Si nous nous rapprochons de Paris, nous trouverons les coquilles fossiles des environs de Beauvais, signalées dans une lettre adressée au *Mercure de France* (3), ainsi que dans une seconde lettre du même mois. De Lassone, dans ses *Observations d'histoire naturelle faites aux environs de Compiègne* (4), a traité presque exclusivement des pierres Numismales ou lenticulaires qu'on trouve abondamment au nord de la ville, autour de Pierrefonds et de Retheuil, mais sans donner une idée bien nette de leurs gisements. Il ne distingue pas même celles des bancs calcaires de celles des sables sous-jacents. Il décrit cependant séparément, sous le nom local de *cran* ou *cron*, la craie qui borde l'Oise en face de Compiègne. Les Nummulites de Noyon et de Soissons avaient été mentionnées aussi quelque temps auparavant (5). Les grès de la forêt de Fontainebleau ont été le sujet d'un second travail de Lassone (6), dans lequel il décrit leurs caractères minéralogiques, leur disposition en bancs interrompus ou en grands rogons compris dans la partie supérieure de la masse de sable.

Toutes ces observations, que nous avons dû rappeler malgré leur peu d'intérêt, prouvent combien était juste la remarque de Bourguet. A ces nombreuses iconographies paléontologiques de l'Allemagne, de la Suisse et de l'Angleterre, à ces nombreux musées d'histoire naturelle *illustrés* en Italie, la France, malgré les richesses de son sol, n'avait encore rien à opposer, et le poëme d'un religieux bénédic-

(1) *Journal de physique*, vol. VII, p. 406; 1776.
(2) In-12. Paris, 1751.
(3) Juin 1748, p. 49 et 60.
(4) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, 1771, p. 21 et 75.
(5) *Mémoires de l'Acad. de Soissons*, vol. I.
(6) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, 1774.

tin (1), consacré à l'éloge des curiosités naturelles que madame de Courtagnon avait recueillies aux environs de Reims, et principalement dans son domaine, vient couronner dignement ces productions sans caractère et dont nous aurions pu augmenter encore le nombre, en puisant d'autres citations dans la *Bibliothèque physique* d'Hérissant (2).

Cependant quelques travaux un peu plus généraux et plus importants commençaient à se faire jour. Ainsi le *Dictionnaire universel des fossiles propres et des fossiles accidentels*, de Élie Bertrand (3), est un livre utile et bon pour l'époque. Il est écrit dans l'esprit du *Nomenclator lapidum figuratorum*, de Scheuchzer, dont Klein avait donné une seconde édition (4), mais il est plus étendu et plus complet. On y trouve beaucoup de documents instructifs sur l'histoire des corps inorganiques et organiques, aux points de vue pétrographique, minéralogique et paléontologique.

En 1751, Dezallier d'Argenville donna le *Catalogue des fossiles de toutes les provinces de France* (5), traduit quelques années après et complété dans son *Histoire naturelle éclaircie dans une de ses parties principales, l'Oryctologie* (6), ouvrage dont les planches représentent des roches, des minéraux, des concrétions, des dendrites et divers corps organisés fossiles, mais sans aucune donnée zoologique, ni de gisement. L'énumération par province des localités où ont été rencontrés les roches, les minéraux et les fossiles, ajoute sous le rapport de ces derniers à ce que contenait déjà le tableau de Bourguet. De son côté, Hellot, dans son *Essai sur les mines ou état des mines du royaume, distribué par provinces* (7), a donné une description

(1) D. Dieu-Donné, in-4. Châlons, 1763.
(2) In-8, 1771.
(3) In-8, 1763.
(4) In-4. Dantzick, 1740.
(5) *Enumerationis fossilium quæ in omnibus Galliæ provinciis reperiuntur tentamina*, in-12. Paris, 1751.
(6) In-f°. Paris, 1755.
(7) 1759.

des fossiles et des pétrifications de ce pays. L'abbé Pluche, dans les trois premiers volumes du *Spectacle de la nature* (1), a réunis plusieurs observations à l'appui de ses vues, entre autres celles qui se rattachent à la composition de la colline de Laon et à l'origine de ses sources. On doit à Morand des travaux importants sur l'origine, l'exploitation et l'emploi du charbon de terre (2), et Le Camus (3), en traitant de la même substance, rejette son origine végétale. Il l'attribue au bitume, dont quelques courants auraient pénétré, à certains moments, des terres ou des pierres particulières qui en auraient été imprégnées. Cette opinion serait, dit-il, conforme à la définition qu'a donnée Vallerius et à celle de Cartheuzer.

D'après ce que nous lisons dans l'*Introduction* du premier volume du *Cours d'histoire naturelle fait par Adanson en 1772* (4), la troisième partie de ce cours était consacrée aux corps bruts ou inorganiques. En ce qui concerne la géologie, le célèbre naturaliste admettait le déluge universel de la Bible et l'expliquait par un déplacement des eaux à la surface, par des pluies prolongées et générales, occasionnées par l'inclinaison de l'axe de la terre; celle-ci serait résultée du choc d'une comète ou de toute autre cause intérieure ou extérieure. On voit combien cette physique du globe, viciée dans son principe, est fausse dans ses effets. Quant à la partie positive ou d'observation directe, on reconnaît qu'Adanson n'avait fait aucune étude de la nature sous ce point de vue; il était fort en arrière de ce qu'on savait de son temps; aussi ne pouvons-nous nous associer aux éloges que lui donne à cet égard J. Payer, l'auteur de cette Introduction.

Nous venons de dire qu'au moment où nous sommes arrivé deux savants dominaient dans les sciences qui nous occupent;

(1) 1732.

(2) *Du charbon de terre et de ses mines*, in-f°. Paris, 1769. — *Mém. sur la nature, les effets et les propriétés du charbon de terre*, etc., in-12 avec fig. Paris, 1770.

(3) *Journ. de physique*, vol. XIII, p. 176; 1779.

(4) In-12. Paris, 1845.

tous deux, travailleurs infatigables, ont, pendant 40 ans, publié d'innombrables recherches. Le premier, d'un esprit vaste, savait, dans une large synthèse, rassembler et coordonner tous les matériaux épars d'un sujet donné, tracer de brillants tableaux, exposer les idées et les faits avec une clarté et une élégance qu'aucun de ses successeurs n'a dépassées, ni même atteintes; il a pu de son vivant jouir de sa renommée; il a imprimé aux esprits une heureuse impulsion vers l'étude de la nature, et la postérité a ratifié la popularité qui s'était attachée au nom de Buffon.

Le second, se tenant plus près de la nature elle-même, observateur exact, minutieux, ne s'élevant pas au-dessus des plus simples conséquences des faits, écrivain peu habile, comme il est le premier à le reconnaître, sec, souvent diffus par l'entassement de détails superflus, a peu réagi sur ce qui l'entourait, et son influence a été presque nulle. Il vint trop tôt pour certaines de ses idées, qu'il n'appuya point non plus de démonstrations suffisantes. Peu apprécié de ses contemporains, malgré tout ce qu'on lui doit, il n'a été réhabilité qu'assez longtemps après sa mort et seulement encore dans l'esprit de quelques hommes de science, car le nom de Guettard n'a point été adopté par l'opinion publique, qui semble se résoudre difficilement à admettre en même temps deux sommités dans un même ordre d'idées. Nous commencerons par celui-ci.

On avait déjà quelques indications de la distribution des roches à la surface de notre pays dans un ouvrage devenu assez rare et intitulé : *Les rivières de France, ou description géographique et historique des cours et des débordements des rivières*, par Coulon (1), avec une carte hydrographique qui semble marquer la séparation des granites et des terrains stratifiés; mais en réalité Guettard doit être regardé comme l'auteur du premier essai de cartes minéralogiques, basées sur des observations suffisamment nombreuses et répétées.

Guettard. Né à Étampes en 1715, et mort à Paris en 1786, Guettard

(1) In-8. Paris, 1664.

s'est fait connaître d'abord par le travail intitulé : *Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre* (1). « Je me suis pro-« posé, dit l'auteur, de faire voir par cette carte qu'il y a une « certaine régularité dans la distribution qui a été faite des « pierres, des métaux et de la plupart des autres fossiles. On « ne trouve pas indifféremment, dans toutes sortes de pays, telle « ou telle pierre, tel ou tel métal; mais il y a de ces pays où il « est entièrement impossible de trouver des carrières ou des « mines de ces pierres ou de ces métaux, tandis qu'elles « sont très-fréquentes dans d'autres, et que s'il ne s'y en trou-« vait pas on n'aurait plus sujet d'espérer d'y en rencontrer « qu'autre part. Je fus frappé de cette espèce d'uniformité dans « quelques voyages que j'ai faits il y a quelques années en Bas-« Poitou; je ne vis qu'avec surprise que l'on passait successive-« ment par des pays où les pierres et le terrain devenaient sen-« siblement d'une nature différente, presque tout à coup, après « avoir gardé la même pendant plusieurs lieues. Il est réelle-« ment presque impossible de se refuser à cette surprise lors-« que, après avoir traversé les pays sablonneux qui s'étendent « depuis Longjumeau, surtout jusqu'un peu après Étampes, « et que l'on a passé le haut d'une chaîne de montagnes qui « forme la Beauce (2), l'on entre vers Cercottes dans un terrain « graveleux qui continue jusqu'au delà d'Amboise, où l'on « quitte ce terrain pour entrer dans un autre qui est beaucoup « plus gras et qui diffère surtout des précédents par la nature « de ses pierres, qui y sont d'un très-beau blanc, très-aisées à « tailler et d'un grain très-fin. Après ce pays on en trouve un « où ces corps sont plutôt d'une couleur noire et grise que « blancs; le fond du terrain y est plus aride et plus sec, ce que

(1) *Hist. de l'Acad. r. des sciences*, 19 févr. 1746, p. 363, pl. 31, 32. (Imprimé en 1751.)

(2) Il est singulier que cette chaîne, qui n'a jamais existé que dans l'imagination des cartographes de cabinet, ait été constamment reproduite jusque sur les cartes les plus récentes.

« l'on continue à trouver depuis Montreuil jusque sur les bords « de la mer, du Bas-Poitou et de l'Aunis, et même jusque dans « les îles voisines.

« Les courses que je fis, surtout dans la première de ces deux « provinces, bien loin de diminuer le soupçon que j'avais, con- « tribuèrent à l'augmenter. Je ne pus travailler à le confirmer « que longtemps après. Si ma conjecture était vraie, je devrais « rencontrer, dans les autres provinces et à peu près à même « distance de Paris, ce que j'avais vu dans le Bas-Poitou et dans « les provinces qu'il faut traverser pour y arriver; toujours « rempli de cette idée, je saisis une occasion qui se présenta « de voir la Normandie et quelques pays voisins, comme une « partie du Maine et du Perche. Je les parcourus donc, et je « disposai tellement mes petits voyages que le chemin par où « j'allais n'était pas celui que je choisissais pour revenir; par là « je voyais plus de pays et me mettais plus en état de m'assurer « de la nature de leur terrain. Le résultat de ces voyages fut le « même que celui qui suivit les courses que j'avais faites dans le « Poitou; ils me parurent établir de plus en plus l'idée où « j'étais.

« De retour de Normandie, je partis peu après pour le Niver- « nais; il était nécessaire de voir si je trouverais, sur la gauche « de la ligne que j'avais suivie en allant en Bas-Poitou, ce qui « s'était présenté sur la droite de cette ligne; cette uniformité « fut telle, que je prévoyais la nature du terrain où j'allais entrer « par celle que je quittais, et cela lorsque je me trouvais à peu « près à une même distance de Paris, où sont les endroits que « j'avais vus dans les autres provinces. »

« Une des premières idées qui me vint après tout ce travail, « dit plus loin Guettard, fut de m'assurer si l'Angleterre était « semblable à la France, en tout ou en partie; j'y étais conduit « par les connaissances générales et confuses que j'avais déjà. « Je savais que la Cornouailles était fameuse par ses mines « d'étain, que plusieurs endroits de cette province et de quel- « ques autres fournissaient beaucoup de charbon de terre; ceci « me fit donc penser que la Cornouailles étant dans l'alignement

« de la Basse-Normandie, il pourrait bien se faire qu'il y eût une « uniformité entre ces deux provinces, et qu'elle pourrait même « se trouver dans le reste entre la France et l'Angleterre. Je « cherchai donc à constater cette idée par la lecture de quelques « morceaux qui traitassent de cette matière. Celle que je fis des « ouvrages de Childray et de Gerard Boat, sur l'histoire naturelle d'Angleterre et d'Irlande, me prouva ma conjecture, et « je reconnus que, s'il y avait de la différence, elle n'était pas « considérable, et que la plus grande venait de celle qu'il y a « dans l'étendue en largeur de ces deux royaumes. »

Dans tout ceci l'auteur ne semble considérer que les caractères superficiels du sol; voyons comment il comprenait l'examen d'une montagne. « Une montagne, dit-il (p. 369), est un « amas de différentes matières placées les unes au-dessus des « autres avec une espèce de régularité, et par des bancs dont la « situation est horizontale ou plus ou moins inclinée. Le pre« mier de ces bancs, c'est-à-dire celui qui est à la surface de la « terre, est formé par de la terre proprement dite; ce banc n'est « ordinairement que de 3 ou 4 pieds, quelquefois plus, quel« quefois moins; il est suivi par un autre qui est de glaise, de « marne ou de *blocaille*, c'est-à-dire de petites pierres qui, or« dinairement, sont de la nature de celles qui composent les « bancs suivants. Ces bancs sont de pierre de taille dure ou « tendre, de grès, de marbre ou d'ardoises, etc. Ils sont ordi« nairement séparés les uns des autres par un cordon de glaise « ou de marne; souvent ce n'est pas seulement un cordon, mais « la masse est si considérable qu'elle forme même un banc « d'une grande hauteur, qui souvent est suivi par d'autres « bancs de pierres semblables à ceux qui le précèdent ou qui « en sont peu différents. Tous ces bancs sont communément « posés sur le sable, et ils descendent plus ou moins profondé« ment dans l'épaisseur des montagnes. »

On le voit, Guettard procédait absolument comme de Maillet dans l'examen des montagnes, mais avec moins de netteté, moins de précision dans les détails et moins d'élévation dans le but; d'un autre côté, il y mit plus de persévérance et obtint des

résultats que l'auteur de *Telliamed* ne cherchait point d'ailleurs.

Les deux cartes qui accompagnent le mémoire de Guettard ne diffèrent que par leurs dimensions ou la surface des pays qu'elles embrassent. En combinant les matériaux qu'il avait ainsi obtenus de ses recherches dans diverses directions, il représente le nord de la France avec la partie orientale de l'Angleterre comme occupé par trois bandes concentriques *sablonneuse*, *marneuse* et *schisteuse* ou *métallique*.

La bande sablonneuse ou portion centrale de la carte s'étend du S. au N., de la vallée du Cher à la côte entre Dieppe et Pont-l'Evêque, comprenant, au delà du détroit, le Sussex, le Surrey et le Middlesex. Cette surface est celle qu'occupe à peu près le terrain tertiaire du nord de la France; mais au delà elle embrasse une plus grande étendue de la craie avec ses subdivisions. La *bande marneuse*, de largeur fort inégale, flexueuse, circonscrit complétement la surface précédente de part et d'autre du détroit. Elle représente grossièrement de ce côté les dépôts crétacés et en Angleterre des dépôts de cet âge et d'autres plus récents. Dans la *bande schisteuse* ou *métallique*, qui entoure aussi complétement la bande marneuse, sont confondus les formations jurassique et triasique actuelles, tout le terrain de transition et toutes les roches cristallines schisteuses ou granitiques, c'est-à-dire qu'elle représente l'association la moins naturelle d'éléments les plus dissemblables et d'âges les plus différents. Ces divisions sont donc plus éloignées de la nature que celles d'Arduino et de Lehmann, à peu près contemporaines. Ces cartes ne sont pas même à proprement parler des *cartes minéralogiques*, puisque des roches aussi différentes que les granites, les schistes et les calcaires jurassiques sont réunis sous la même dénomination.

Guettard subdivise ensuite chacune de ses bandes en plusieurs couches de nature diverse, et au moyen de 50 signes conventionnels il supplée à la trop grande généralité ou à l'inexactitude de ses bandes. Ces signes indiquent la place où gisent les diverses substances minérales, les exploitations, les diverses espèces de pierres ou roches, les principales carrières,

les gisements de coquilles fossiles, les sources minérales et thermales, le charbon de terre, etc. Ils présentent ainsi un tableau abrégé des richesses du sol, depuis les frontières de l'Espagne jusqu'en Irlande, dont les volcans sont marqués, les seuls qui fussent encore connus à ce moment dans l'Europe occidentale.

Mais résulte-t-il clairement de ce texte et de l'examen de ses cartes que Guettard ait compris la stratification générale du bassin de la Seine, par exemple, pour concentrer notre remarque sur la partie qu'il connaissait le mieux; qu'il ait eu une idée nette de la superposition de tous les systèmes secondaires et tertiaires, depuis les Vosges jusqu'aux environs de Paris, de l'emboîtement successif de tous ces vases les uns dans les autres, suivant leur ordre d'ancienneté et leur grandeur, comme le représenterait une coupe que nous ferions aujourd'hui soit du N. au S., soit de l'E. à l'O.? C'est ce dont on doit douter, car on n'aperçoit dans tout ce qu'il dit aucune trace de cette idée. Si elle eût été la base de son travail, il l'aurait formulée directement; il aurait traduit ce grand résultat par un profil montrant, ne fût-ce que grossièrement, l'inclinaison générale des couches vers le centre de l'espace, au lieu d'être continues et régulières, suivant une même direction comme en Angleterre, puis leurs affleurements constituant alors ses zones ou bandes concentriques, au lieu d'être alignées parallèlement comme de l'autre côté du détroit, où elles suivent une direction perpendiculaire à l'inclinaison générale. Or, nous ne trouvons, dans les travaux de Guettard, aucune démonstration de cette disposition souterraine des couches, et il a pu très-bien comprendre la série des assises d'une montagne ou d'une colline en particulier, sans pour cela s'être rendu compte de la relation des diverses montagnes ou collines entre elles sur une grande étendue de pays. En un mot, il paraît n'avoir pas saisi ce que nous appelons la *stratigraphie*, c'est-à-dire la véritable théorie des terrains de sédiment.

Ce que l'on ne sait pas généralement, c'est que Lavoisier, l'une des gloires les moins contestées de la chimie moderne, fut le collaborateur et le collaborateur très-actif de Guettard,

dans la grande entreprise de l'*Atlas minéralogique de la France* auquel plus tard Monnet devait aussi attacher son nom. Mais, à l'exception d'un mémoire dont nous parlerons plus loin, tous les travaux géologiques et minéralogiques de l'illustre chimiste sont restés en manuscrits, ou bien leurs résultats pratiques ont été portés sur les 16 premières feuilles de l'atlas publiées par Guettard.

M. Dumas, qui donne en ce moment tous ses soins à l'édition des œuvres complètes de Lavoisier, a bien voulu nous confier les manuscrits et les journaux des voyages que ce dernier a exécutés pendant les années 1764, 65 et 66 sur divers points de la France, mais particulièrement dans le nord; et l'on peut affirmer que s'ils avaient été coordonnés et publiés en même temps que les feuilles de l'*Atlas minéralogique*, notre pays se fût trouvé alors plus avancé qu'aucun autre de l'Europe. Ces itinéraires, suivant toutes les directions entre la Loire, la Belgique et les Vosges, montrent parfaitement les relations des couches, surtout au-dessus de la craie; partout les coupes de détails sont prises avec soin, et de temps en temps réunies et résumées pour chaque petite région naturelle.

Lavoisier, avec les idées très-justes qu'il a exprimées dans des profils théoriques représentant la position relative des montagnes à couches plus ou moins redressées avec les collines et les plateaux en couches horizontales, ne pouvait manquer de saisir la stratigraphie générale du bassin de la Seine, et, à cet égard, on ne peut pas douter, lorsque l'on compare ses notes avec les travaux imprimés de Guettard, qu'il ne comprît beaucoup mieux que ce dernier les lois générales de la succession des couches.

Lavoisier s'occupa aussi de l'exécution matérielle de l'*Atlas minéralogique de la France*, comme on le voit dans ses rapports adressés en 1772 à M. Bertin, alors ministre d'État et qui encourageait ce grand travail de tout son pouvoir; mais le seul résultat graphique qui paraisse remonter à cette époque est le *Tableau de l'atlas géographi-minéralogique de France, entrepris par les ordres du Roi* (une feuille sans date ni nom d'auteur). C'est une carte de la France divisée en 214 comparti-

ments représentant autant de feuilles que devait en comprendre l'atlas. En marge est une *Table explicative des caractères minéralogiques* au nombre de 211, dont 18 sont consacrés à désigner spécialement les gisements de certains fossiles (Bélemnites, Ammonites, poissons, oursins, coquilles bivalves ou univalves, crustacés, Encrines ou Entroques, ossements, bois pétrifiés, etc.). Nous ne connaissons point de carte où les signes minéralogiques comprennent une aussi grande quantité de documents utiles de toutes sortes.

Mais revenons à Guettard qui a écrit sur une multitude de sujets se rapportant, de près ou de loin, aux sciences naturelles. En ne rappelant ici que ceux d'entre ses nombreux mémoires qui concernent la France et qui se rattachent directement à ce qui nous intéresse, nous pourrons en trouver encore la liste assez longue. Nous les énumérerons à peu près dans l'ordre de leur publication, en commençant par ceux qui ont été insérés dans les *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, de 1751 à 1764. Beaucoup de ses recherches portent sur des matières qui n'avaient encore été que peu ou point traitées, de sorte qu'elles ont, quoique souvent fort incomplètes, un caractère d'originalité qui les a rendues le point de départ de ce qui a été fait depuis sur chacune d'elles. En s'occupant des fossiles et autres corps, l'auteur en a toujours aussi donné des figures, de sorte qu'il a encore eu le mérite de consacrer en France l'iconographie paléontologique, depuis si longtemps en usage ailleurs, mais à peine employée chez nous.

En 1751, Guettard a publié des observations sur quelques corps fossiles, spongiaires ou Alcyons, provenant de la craie des environs de Mortagne et de l'Aigle, corps désignés depuis sous les noms de *Scyphia*, de *Siphonia*, de *Spongia*, de *Cnemidium*, etc.; en 1753, un mémoire sur les poudingues et les corps organisés qu'on rencontre dans leur voisinage, dans les terrains marins au nord de Paris; en 1754, une étude des plâtrières de Montmartre et des recherches faites aux environs de Fismes et de Soissons; en 1755, un travail sur les Encrinites et les pierres étoilées.

Il a donné, en 1756, un plan général pour l'exécution de la géologie d'une partie du bassin de la Seine, mémoire qui a servi de base au projet de l'*Atlas minéralogique* dont nous avons parlé. Le premier il a appelé, en 1757, l'attention sur les empreintes d'animaux des schistes ardoises d'Angers, et n'a pas hésité à les rapprocher des crustacés. Le nom de Trilobite n'avait pas encore été créé, et les *Entomolithes* n'étaient sans doute pas connus en France. La pierre meulière et les silex de formes variées (ménilite) des marnes du gypse ont été décrits en 1758, et, en 1759, Guettard, pour répondre aux rêveries de Bertrand, s'est occupé de comparer les accidents des coquilles fossiles avec ceux que présentent les coquilles des mers actuelles. Dans ce travail, divisé en trois parties et accompagné de 9 planches, on trouve beaucoup de remarques intéressantes sur les divers procédés de fossilisations ou de pétrifications des corps organisés. En 1760, il a décrit les os de quadrupèdes mammifères trouvés dans un rocher près de la ville d'Aix, et, en 1764, des débris de mammifères marins ou cétacés. Enfin, la même année, il donna sur les environs de Paris un troisième mémoire, dans lequel il décrit et figure des Ammonites qui auraient été trouvées dans l'argile, en creusant un puits dans le jardin des apothicaires. Il signale et représente d'autres fossiles de la craie blanche de Bougival, des Bélemnites, des Huîtres, des Peignes, des Inocérames, des Térébratules, des bryozoaires, des spongiaires, etc. (1).

Une première série de mémoires formant 3 vol. in-4°, accompagnés d'un grand nombre de planches, est publiée par Guettard en 1770. Le premier volume renferme des recherches sur des ossements fossiles trouvés dans les plâtrières des environs de Paris et sur des restes de cétacés provenant de Dax, puis la description d'ossements de pachydermes, de carnassiers et de bois de ruminants (Rennes), recueillis dans une fente des grès d'Étampes. La découverte du kaolin ou terre à porcelaine, aux

(1) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, 1764, p. 493. — *Ib.*, 1759, p. 189, pl. 1, fig. 1.

environs d'Alençon et dans d'autres localités, fait le sujet du cinquième mémoire de ce volume. Dans le suivant, l'auteur traite des coraux en général, de la structure des *polypites* ou polypiers fossiles, qu'il désigne sous les noms de *figues*, de *champignons*, de *cerveaux marins* pétrifiés. Le huitième mémoire est consacré aux pierres lenticulaires ou numismales. C'est un des meilleurs que l'on ait donnés sur ce sujet si souvent traité, et dont les successeurs de Guettard n'ont pas plus profité que de ses recherches géologiques. Le douzième expose l'ordre suivant lequel sont rangés les *polypites*, parmi lesquels il établit 16 genres dont la moitié à peine des noms ont été conservés dans les classifications subséquentes. Le troisième volume commence par l'énumération de toutes les localités de la France où jusqu'alors avaient été signalés des polypiers fossiles; et dans le travail qui vient après, l'auteur cherche à rassembler les matériaux relatifs aux corps qu'il désigne par l'expression générale de *tuyaux marins*. Il y établit 15 genres, auxquels il donne les noms les plus bizarres. Sous cette dénomination de tuyaux marins, on trouve d'ailleurs confondus des annélides, des Dentales, des Tarets, des Siliquaires, des Arrosoirs, des Fistulanes, etc., c'est-à-dire des corps appartenant à des classes distinctes d'animaux, qui n'ont de commun que d'être pourvus d'un tube calcaire. Le quatrième mémoire donne une liste détaillée de tous les endroits où ces mêmes corps ont été rencontrés.

La nouvelle collection des *Mémoires sur différentes parties des sciences et des arts* forme aussi trois volumes in-4°, accompagnés de 173 planches, et a paru en 1786. Comme les précédents, ces mémoires se rapportent à divers sujets d'histoire naturelle, mais ils ont généralement moins d'intérêt.

L'ouvrage le plus considérable et le plus complet de Guettard est la réunion de ses *Mémoires sur la minéralogie du Dauphiné* (1). Les principes énoncés dans la préface sont très-bons; mais, comme il a adopté dans la description du pays la forme

(1) *Mém. sur la minéralogie du Dauphiné*, 2 vol. in-4. Paris, 1779, avec planches. — Réimprimés dans la *Description générale et particulière*

d'*itinéraire*, on peut, tout en rendant justice à l'exactitude des observations, regretter que l'auteur ait consacré autant de temps et se soit donné autant de peine pour obtenir un résultat scientifiquement assez faible.

Il divise son sujet en régions géographiques et représente le Dauphiné comme partagé en *surfaces sablonneuse*, *calcaire* et *schisteuse* ou *granitique*, ainsi qu'il l'avait fait dans ses cartes précédentes. Il suit ces divisions minéralogiques dans ses diverses régions ou bassins; ainsi, dans la zone sablonneuse sont compris le bassin de Vienne, celui de Saint-Vallier, de Valence et de Lauriol, celui de Montélimart, les volcans éteints du Vivarais, le bassin de Donzère, de Montdragon, et celui d'Orange; dans la zone calcaire se trouvent la vallée du Graisivaudan, le massif de la Grande-Chartreuse, le bassin de Grenoble à Nyons, celui de Crest à Grenoble, la région de Sassenage à Die et à Pont-en-Royan, puis le comtat d'Avignon; enfin, la troisième zone schisteuse ou granitique comprend tout le pays qui s'étend du Grand-Charnier à la Romanche, le Graisivaudan, le val Godmard, Valboney, etc.

Guettard donne ensuite un tableau de tous les points où des substances minérales ont été rencontrées, telles que l'or, l'argent, l'étain, le fer et le mercure, et il termine par l'examen des fossiles, dont il donne dix planches représentant des espèces de la mollasse tertiaire, comme nous dirions aujourd'hui, quelques Bélemnites avec des Ammonites des périodes jurassique et crétacée, mais mal figurées. Nous n'avons pu trouver les cartes minéralogiques du pays, que Guettard avait fait graver et dont il parle avec détails dans sa préface, p. cliij ; elles ajouteraient sans doute beaucoup d'intérêt à l'ouvrage, en précisant une multitude de données que le texte n'explique pas toujours suffisamment.

Découverte des volcans anciens.

Enfin, nous ne pouvons passer sous silence, bien qu'elle n'appartienne pas absolument à notre sujet, la découverte géologique la plus importante que l'on doive à Guettard, celle qui

de la France, in-f°. Paris, 1782, avec les mêmes figures tirées sur papier in-f°.

suffirait seule pour immortaliser son nom, qui passa presque inaperçue lorsqu'il l'annonça et qu'il fut encore obligé de revendiquer 28 ans après; nous voulons parler de l'existence des volcans anciens du centre de la France, restés inconnus jusqu'à lui et que personne ne soupçonnait. Nous pourrions trouver encore, dans cette ignorance profonde où l'on resta jusque vers le milieu du XVIIIe siècle des caractères physiques les plus remarquables et les plus frappants du plateau central, la preuve du peu d'intérêt que pendant longtemps on a porté chez nous aux choses de la nature. D'ailleurs, le mémoire où Guettard a consigné sa découverte nous paraît un des meilleurs qu'il ait écrits et ses descriptions ont une exactitude qu'on ne surpasserait pas aujourd'hui.

Après quelques détails pétrographiques sur le Nivernais, l'auteur continue ainsi (1) : « Ce fut à Moulins que je vis les laves « pour la première fois ; je les reconnus d'abord pour des « pierres de volcans, et je pensai dès lors qu'il devait y en avoir « eu un dans le canton d'où l'on disait que ces pierres étaient « apportées. L'envie que j'eus de voir ce pays ne fit qu'augmen- « ter dans les différents endroits où la route me conduisait et où « je pouvais retrouver cette pierre employée dans les bâti- « ments. Arrivé enfin à Riom, je ne pus me persuader que, cette « ville étant presque entièrement bâtie de cette pierre, les car- « rières en fussent bien éloignées; j'appris qu'elles n'en étaient « qu'à deux lieues. J'y allai donc ; je n'eus pas commencé à « monter la montagne qui domine le village de Volvic, que je « reconnus qu'elle n'était presque qu'un composé de différentes « matières qui sont jetées dans les éruptions des volcans.

« Cette montagne a la figure qui est assignée aux volcans, « dans les descriptions que nous en avons; elle est conique; sa « base est formée par des rochers de granite gris-blanc ou « d'une couleur rose pâle, qui sont très-durs et qui prennent « un assez beau poli; le reste de la montagne n'est plus qu'un

(1) *Mém. sur quelques montagnes de la France qui ont été des volcans.* — *Mém. de l'Acad. r. des sciences* pour 1752, p. 27 (publiés en 1756).

« amas de pierres ponces noirâtres ou rougeâtres, entassées « les unes sur les autres, sans ordre ni liaison. Ces pierres « de diverses grosseurs affectent une figure arrondie. Aux « deux tiers de la montagne on rencontre des espèces de ro- « chers irréguliers, hérissés de pointes informes, contournées « en tous sens. Ces rochers ressemblent d'autant plus à des « scories qu'ils sont d'un rouge obscur ou d'un noir sale et mat; « ils sont d'une substance dure et solide et diffèrent en cela « des pierres ponces. Dans l'espace qui est entre ces rochers et « le sommet de la montagne, on marche de nouveau sur les « pierres ponces, et l'on trouve au sommet une pierre cendrée « et tendre. Un peu avant d'y arriver, on entre dans un trou « large de quelques toises, d'une forme conique et qui ap- « proche d'un entonnoir; c'est aussi le nom que l'on donne « ordinairement à la bouche des volcans actuellement enflam- « més; celui-ci, de même que les rochers de scories, regarde « le S.-O. La partie de la montagne qui est au nord et à l'est « m'a paru n'être que de pierres ponces; à l'ouest, les ravins « m'ont fait voir des bancs de pierre considérables, inclinés à « l'horizon et qui paraissent s'étendre dans toute la hauteur de « la montagne. C'est de ce côté-là que sont les carrières qui « fournissent la vraie pierre de Volvic; elles sont situées à la « base de la montagne et un peu sur son penchant. »

« Le puy de Dôme, dit plus loin Guettard, est, après le mont « Dore et le Cantal, la plus haute montagne de l'Auvergne...... « C'est un cône qui, de même que celui de Volvic, finit en « pointe de peu d'étendue. Au nord et au couchant de ce puy « sont placés plusieurs autres puys, semblables pour la figure « à celui-ci, mais beaucoup moins hauts, quoi qu'ils le soient « encore beaucoup si on les compare aux montagnes des envi- « rons de Paris. Ces différents cônes sont placés sur le corps de « la montagne comme sur une base commune.... Le puy de « Dôme n'est qu'une masse de matière qui n'annonce que les « effets terribles du feu le plus violent et capable de mettre les « corps les plus durs en une fusion telle qu'ils ne sont plus « qu'un verre grossier ou une espèce de mâchefer qui a pris

« différentes figures et qui est plus ou moins pesant. Il ne me « fut pas difficile de reconnaître d'abord que le puy de Dôme, « ainsi que la montagne de Volvic, avait été autrefois un volcan; « tout l'annonce; dans les endroits qui ne sont point couverts « de plantes et d'arbres, on ne marche que parmi des pierres « ponces, sur des quartiers de laves ou de lavanges, et dans une « espèce de gravier ou de sable formé par une sorte de mâche- « fer et par de très-petites pierres ponces mêlées de cendres. »

« ...... J'avais trouvé un entonnoir au sommet du puy de « Dôme, et, comme ce pic domine les pics voisins, j'avais observé « que vers le sommet de chaque pic il y avait une cavité dont « le fond était moins large que l'ouverture, et que je pensais « être l'entonnoir ou la bouche du volcan..... Je fus d'autant « plus confirmé dans cette idée que M. Ozy, apothicaire de « Clermont, fort versé dans l'histoire naturelle, qui avait bien « voulu m'accompagner, m'assura qu'il avait plus d'une fois « parcouru presque toutes ces montagnes, et que je trouverais « partout une même structure et les mêmes matières, qu'il « m'avoua ingénument n'avoir jamais reconnues pour ce « qu'elles étaient. »

Guettard reproduit ici une lettre que, sur sa demande, ce même Ozy lui avait adressée plus tard, et relative au nombre de ces cônes ou pics, parmi lesquels il signale surtout les puys de Pariou, Cachan, Graveneire, etc.

En visitant le mont Dore, Guettard ne reconnut pas d'abord d'une manière aussi positive que les roches aient brûlé comme au puy de Dôme et à Volvic, et n'en fut frappé qu'au Capucin; « cependant, dit-il, si je n'ai pas trouvé des vestiges de volcan « en aussi grande quantité, cela vient en grande partie de ce « que le mont Dore est plus couvert de végétation.

« La pointe appelée particulièrement le mont Dore (c'est « le pic de Sancy) est un cône pareil à ceux de Volvic et du « puy de Dôme. A l'est de ce pic est celui du Capucin, qui affecte « également la figure conique, mais la sienne n'est pas aussi « régulière que celle des précédents; il semble même que ce « pic ait plus souffert dans sa composition. Tout y paraît plus

« irrégulier, plus rompu, plus brisé, ce qui ne vient peut-être « que de ce qu'il a moins ressenti les effets des feux souter- « rains. Vis-à-vis de ce pic est la partie de la montagne qui est « entièrement pelée; elle domine les fameux bains du mont « Dore, et s'étend depuis le commencement de la vallée « jusqu'aux endroits où la Dore et la Dogne prennent leur « source. »

L'auteur discute ensuite et s'attache à réfuter les opinions qui attribuent aux agents atmosphériques ou à d'autres causes la forme de ces montagnes, puis il passe à une comparaison minutieuse de leurs roches avec les produits des volcans actuels, entre autres ceux du Vésuve et de Bourbon, comparaison qui vient de tous points confirmer les conclusions déduites de leurs caractères orographiques et de leur groupement général.

« Je ne crois pas que l'on doute maintenant de la réalité de « nos volcans, dit plus loin Guettard; peut-être même que l'on « craint pour les endroits qui en sont voisins; pour moi, sûr « du premier point, je ne serais pas non plus entièrement hors « de crainte par rapport au second. Si le sentiment que la plu- « part des anciens, et après eux beaucoup de modernes, ont « sur la cause de la chaleur des bains ou fontaines d'eau « chaude, est vrai, il y a aux environs de ces volcans éteints « un feu souterrain qui ne demande peut-être qu'un peu plus « d'activité pour faire sauter les terres qui le retiennent et pour « paraître au dehors. »

Rien donc de plus simple, de plus clair et de plus précis que ces résultats présentés à l'Académie des sciences, le 10 mai 1752; et cependant ils firent si peu d'impression, laissèrent si peu de traces dans les esprits de ce temps-là, que, pour constater son droit de priorité que lui disputèrent plus tard certains journalistes, Guettard fut obligé d'invoquer le témoignage de Malesherbes qui l'avait accompagné dans ce voyage. Nous reproduirons une partie de cette lettre, dont la noble simplicité peint bien le caractère de son illustre auteur, et qui, tout en constatant l'exactitude des faits, écarte les circonstances un peu romanesques dont quelques auteurs ont depuis entouré la décou-

verte, et confirme un mérite que tout récemment encore d'autres personnes ont cherché à diminuer.

« J'ai été témoin, dit le célèbre magistrat dans sa lettre du « 11 avril 1779 (1), de la découverte des volcans éteints de « l'Auvergne faite par M. Guettard. Il eut la complaisance de « venir avec moi aux eaux de Vichy, où je ne comptais passer « que peu de jours, et ni lui ni moi n'avions entendu parler de « ces vestiges d'anciens volcans. Il examinait les pierres pen- « dant toute cette route, et en passant à Moulins je lui montrai « une pierre noire et poreuse employée dans quelques bâti- « ments. Il n'hésita pas à m'assurer que c'était de la lave. Nous « demandâmes d'où venait cette pierre; on nous dit que c'était « de Volvic, qu'elle était très-estimée dans le pays et que la « carrière n'en était pas loin.

« M. Guettard eut grand désir de la voir; mais à Moulins, où « nous ne restâmes qu'une demi-heure, personne ne put nous « dire précisément où était Volvic, et nous étions obligés d'arri- « ver à Vichy, où on nous attendait. De Vichy on voit le som- « met pointu du puy de Dôme. Le désir qu'avait M. Guettard de « voir cette montagne si célèbre par les expériences de Pascal « fut encore excité par l'espérance d'y trouver les débris de « quelque ancien volcan, dans laquelle il était confirmé par la « certitude que la pierre volcanique de Volvic se trouvait en « Auvergne.

« C'est ce qui nous détermina à aller à Clermont. En pas- « sant à Riom, nous sûmes que nous n'étions pas loin de Volvic; « nous y allâmes. J'entrai avec M. Guettard dans la carrière, « où il me fit voir clairement par la forme de la montagne, par « l'inclinaison des couches, par les autres matières évidemment « brûlées, que ce pic ou ce puy était le produit d'un ancien « volcan....

« Nous allâmes coucher à Clermont, et nous y vîmes M. Ozy, « que je connaissais de réputation et dont j'avais souvent en-

(1) Guettard, *Mém. sur la minéralogie du Dauphiné*, préface, p. CXL; 1779.

« tendu parler à M. Bernard de Jussieu. M. Ozy nous accom-
« pagna le lendemain au puy de Dôme. M. Guettard me fit
« remarquer, ainsi qu'à M. Ozy, la forme conique de la mon-
« tagne, les couches inclinées, les matières brûlées et le cratère.

« Le lendemain nous allâmes au mont Dore, M. Guettard et
« moi, sans M. Ozy. Il ne m'était pas possible d'y passer plus
« d'un jour. Je montai au sommet du mont Dore, où M. Guet-
« tard me fit encore remarquer tout ce que nous avions observé
« la surveille au puy de Dôme. Nous avions aussi vu dans la
« route plusieurs de ces pics coniques que je ne doutais plus
« qui ne fussent des productions de volcan. M. Guettard em-
« ploya la journée à faire d'autres courses dans les environs du
« mont Dore, où je ne pus pas le suivre.

« Nous revînmes à Clermont et nous allâmes à Lyon, par
« Thiers, Montbrison et Saint-Étienne. Je reçus à Lyon des
« lettres qui m'obligèrent de revenir à Paris, et M. Guettard
« vint m'y rejoindre quelques jours après. Il rédigea ses obser-
« vations, établit sa théorie, lut son mémoire à la rentrée pu-
« blique de l'Académie des sciences, et il a été imprimé dans les
« Mémoires de cette Académie. Je ne crois pas qu'il y ait jamais
« eu de découverte plus authentiquement constatée.

« On vient d'imprimer une lettre de M. Ozy qui porte qu'un
« an avant notre voyage en Auvergne, M. Olzendorff et M. Bowls
« y avaient été, qu'ils avaient monté avec lui au puy de Dôme,
« et que c'est là qu'il a appris pour la première fois à connaître
« les cratères et les laves.

« Je suis très-éloigné de révoquer en doute un fait attesté par
« M. Ozy; mais, sans disputer à ces deux observateurs le mérite
« d'avoir aperçu cette vérité, je certifie que la découverte était
« faite par M. Guettard avant de voir M. Ozy, puisque nous
« avions été à Volvic avant d'aller à Clermont pour la première
« fois, et qu'avant même de voir la carrière de Volvic M. Guet-
« tard, sur la seule indication de la pierre, l'avait jugée volca-
« nique, ce qui nous avait déterminé à aller en Auvergne. Je
« certifie de plus qu'aujourd'hni, en 1779, je ne me souviens
« pas que M. Ozy nous ait dit un seul mot du voyage des deux

« Anglais!... J'ajoute que dans la journée que je passai à Clermont, à mon retour du mont Dore, je vis presque toute la « ville chez M. l'Intendant. Je leur appris ce qui venait d'être « découvert sur leurs montagnes et je ne trouvai personne qui « en eût aucune notion. »

Toutes ces circonstances si bien établies ont cependant été singulièrement dénaturées par des écrivains modernes. Ainsi, nous lisons dans un ouvrage d'ailleurs plein de talent, le meilleur et le plus complet que nous ayons sur les volcans de la France centrale (1) : « En 1751, deux membres de l'Académie des sciences de Paris, à leur retour d'Italie, où ils étaient allés visiter le Vésuve et observer ses productions, passaient à Montélimart. Après avoir dîné avec une réunion de savants de la localité, parmi lesquels se trouvait Faujas de Saint-Fond, ils allèrent explorer les environs. Le pavé de la ville frappa leur attention. Il est formé de tronçons de prismes basaltiques enfoncés perpendiculairement dans le sol, de sorte qu'il ressemble à ces anciennes voies des environs de Rome, couvertes de plaques polygonales de laves. Sur leur demande, ils apprirent que ces pierres provenaient du rocher sur lequel s'élève le château de Rochemaure, de l'autre côté du Rhône, et que les montagnes du Vivarais étaient remplies de roches semblables, ce qui les détermina à visiter cette province. De proche en proche les académiciens atteignirent la capitale de l'Auvergne, découvrant chaque jour de nouveaux motifs pour croire à l'origine volcanique des montagnes qu'ils traversaient. Là tous les doutes à ce sujet durent cesser. Dans les environs mêmes de Clermont, les courants de lave, noirs et rugueux comme ceux du Vésuve, descendant sans interruption du sommet de collines coniques de scories, dont beaucoup offrent un cratère régulier, les convainquirent de l'exactitude de leurs conjectures, et ils proclamèrent hautement leur intéressante découverte.

« A leur retour à Paris, Guettard publia un mémoire annonçant

(1) P. Scrope, *The geology and extinct volcanos of central France*, 2e éd., p. 30. Londres, 1858.

l'existence d'anciens volcans en Auvergne, mais il obtint très-peu de crédit; l'idée parut à beaucoup de personnes une extravagance, et même à Clermont un professeur distingué, qui attribuait les scories volcaniques à des restes d'anciennes forges établies par les Romains dans le voisinage de ces montagnes, avait plus de partisans que les naturalistes de l'Académie. Par degrés, cependant, l'obstination de l'ignorance fut vaincue, et quelques années après (1), le mémoire de Desmarest sur l'origine des basaltes leva toutes les incertitudes. »

On voit que, dans cette narration du géologue anglais, l'imagination a fait tous les frais d'un voyage en Italie, d'un dîner à Montélimart dont un des convives aurait eu à peine un an, puisque Faujas est né en 1750, du pavé basaltique de la ville ressemblant à une voie romaine, d'un voyage à travers le Vivarais, etc. Si nous cherchons ce qui a pu donner lieu à ce petit roman, nous le trouverons probablement dans cette autre circonstance : qu'en 1775, c'est-à-dire 24 ans après sa découverte, Guettard, parcourant le Dauphiné, se rencontra avec Faujas à Montélimart, et que ce fut à propos de la publication de ce dernier sur les volcans du Vivarais que l'attention fut appelée de nouveau sur ceux de l'Auvergne. Guettard, dont les droits avaient été attaqués, revint sur cette question dans la préface de la *Minéralogie du Dauphiné*, où nous venons de voir qu'il fit imprimer la lettre de Malesherbes comme pièce justificative.

Les résultats si curieux que Guettard avait obtenus de ses premières recherches en Auvergne l'engagèrent à y retourner de nouveau, et il publia en 1759 un mémoire sur la minéralogie de ce pays, accompagné d'une carte (2). Il fait remarquer combien il est singulier que toutes ces pierres blanches ou grises, calcaires ou marneuses de la Limagne n'aient point présenté de coquilles, car personne n'avait pu

(1) Ce ne fut que vingt ans après; le mémoire et la carte de Desmarest sont de 1771.

(2) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, année 1759, p. 538. (Imprimé en 1765.)

confirmer les quelques indications vagues données par l'apothicaire Ozy. Ainsi les coquilles fluviatiles et terrestres, si abondantes partout dans les dépôts lacustres de ce même pays, et les restes d'animaux vertébrés, non moins répandus sur certains points, étaient encore, il y a un siècle, complétement ignorés.

Guettard décrit avec soin les roches bitumineuses de Pont-du-Château, du puy de Pége, du puy de Crouelle, etc., distingue des chaînes de collines calcaires, glaiseuses ou schisteuses, et de pierres vitrifiables ou cristallines. Il traite successivement et d'une manière détaillée des cailloux roulés des plaines, des pierres schisteuses, des granites et de leur position, des quartz, des diverses substances minérales accidentelles et exploitables, etc. La carte, qui comprend tout le pays entre Vichy, Aurillac et le puy en Velay, est un travail intéressant pour l'époque, alors que les feuilles de celle de Cassini n'avaient point encore paru. Toutes les montagnes principales y sont marquées avec soin, et 22 signes conventionnels indiquent la nature des diverses sortes de pierres avec leurs gisements, les substances minérales exploitées, les sources thermales, etc.

Nous terminerons cet exposé des travaux de Guettard en reproduisant le jugement qu'en portait W. D. Conybeare, en 1822 (1), jugement assez exact, mais incomplet en ce que le savant géologue anglais ne tient aucun compte de la partie paléontologique si variée et si étendue des recherches du naturaliste français, ainsi que d'un grand nombre de ses autres mémoires qu'il ne connaissait sans doute pas.

« Guettard, dit-il, en 1746, appela le premier l'attention sur « l'exécution des cartes géologiques proposée longtemps auparavant par Lister. Il partagea la surface de la terre en trois « grandes zones : la *zone schisteuse*, qui coïncide presque avec « les régions primitives et de transition des géologues actuels; « celle des *marnes*, qui comprend généralement le terrain secondaire, et celle des *sables*, qui correspond à peu près à ce

(1) *Outlines of the geology of England and Wales*, introduction, p. XLII; 1822.

« que l'on désigne par l'expression de *formation tertiaire*. Les « localités où se trouvent des minéraux particuliers sont indi- « quées par des signes semblables à ceux employés en chimie. Il « semble avoir voulu appliquer ce principe à la structure, non- « seulement d'une partie considérable de l'Europe, mais « encore du Canada et de l'Asie Mineure (1). Des généralisations « aussi étendues à ce moment de la science ne pouvaient être « que très-hasardées ou inexactes, et cette tentative pour aller « au delà du possible semble avoir beaucoup discrédité sa mé- « thode. A la vérité, dans sa dernière publication, l'*Atlas miné-* « *ralogique de la France*, exécuté en commun avec Monnet, il « se borne presque à l'indication des localités propres à chaque « substance minérale. »

Passons maintenant au contemporain de Guettard, qui l'avait précédé et lui survécut deux ans.

L. de Buffon. Georges-Louis Leclerc de Buffon, né à Montbart en 1707, et mort à Paris en 1788, fut appelé, en 1739, à remplacer Dufay comme intendant du Jardin du roi. Il changea alors la direction de ses études, d'abord physiques et mathématiques, et les objets dont il se vit entouré lui révélèrent sa vocation; néanmoins il ne se pressa point de publier les résultats de ses nouvelles recherches, et ce ne fut que dix ans après que parut la *Théorie de la terre*.

Les grandes vues de Buffon sur le sujet qui nous occupe ont été émises par lui à près de trente ans d'intervalle, d'abord dans sa *Théorie de la terre*, écrite en 1744 et publiée en 1749, puis dans les *Époques de la nature*, qui parurent en 1778. Nous examinerons successivement chacun de ces deux livres, qui eurent un si grand retentissement, et nous ferons ressortir les changements que des études suivies avaient amenés dans les idées de leur illustre auteur, en ne considérant que ce qui se rattache plus ou moins directement aux êtres organisés fossiles et aux caractères ou au mode de formation des dépôts qui les renferment. Nous emprunterons aussi à son *Histoire na-*

(1) Il y a sans doute ici une inadvertance de l'auteur qui aura voulu parler du mémoire sur l'Égypte ou de celui sur la Pologne.

turelle des minéraux quelques passages qui s'y rapportent.

Après avoir traité, dans un *premier discours*, de la manière d'étudier l'histoire naturelle, l'auteur s'occupe, dans le *second*, de l'*Histoire et de la théorie de la terre* (1). Il y examine quelques parties de la physique du globe, mentionne la présence des restes d'animaux sur une multitude de points, dans l'ancien et le nouveau continent, et fait voir le peu de probabilité que leur existence puisse être attribuée au déluge universel, à cause du temps qu'il a fallu pour l'accumulation des dépôts où ils se trouvent. Théorie de la terre.

« On ne peut douter, dit-il (p. 94), que les eaux de la mer « n'aient séjourné sur la surface de la terre que nous habitons, « et que, par conséquent, cette même surface de notre conti- « nent n'ait été, pendant quelque temps, le fond d'une mer, « dans laquelle tout se passait comme tout se passe actuellement « dans la mer d'aujourd'hui. D'ailleurs, les couches des diffé- « rentes matières qui composent la terre étant, comme nous « l'avons remarqué, posées parallèlement et de niveau, il est « clair que cette position est l'ouvrage des eaux, qui ont amassé « et accumulé peu à peu ces matières, et leur ont donné la « même situation que l'eau prend toujours d'elle-même, c'est-à- « dire cette situation horizontale que nous observons presque « partout, car dans les plaines les couches sont exactement hori- « zontales, et il n'y a que dans les montagnes où elles soient « inclinées, comme ayant été formées par des sédiments dépo- « sés sur une base inclinée, c'est-à-dire sur un terrain pen- « chant (2). Or je dis que ces couches ont été formées peu à peu

(1) Nous suivons ici l'édition des *Œuvres complètes de Buffon* (in-8. Paris, 1833) dont la *Théorie de la terre* forme le t. I. — Les passages empruntés à l'*Histoire naturelle des minéraux* ont été extraits de l'éd. de 1828, publiée par de Lacépède.

(2) Dans ses *Suppléments*, Buffon a modifié ses idées à cet égard; il admet l'inclinaison des couches par suite de tremblements de terre, d'affaissements, d'explosions souterraines, etc. On en a de grands exemples, dit-il, dans plusieurs endroits des Pyrénées où l'on voit des couches inclinées de 45°, 50° et même 60°, ce qui semble prouver qu'il s'est fait de grands changements dans ces montagnes par l'affaissement des cavernes souterraines sur lesquelles leur masse était autrefois appuyée.

« et non pas tout d'un coup par quelque révolution que ce soit,
« parce que nous trouvons souvent des couches de matière plus
« pesante posées sur des couches de matières beaucoup plus
« légères, ce qui ne pourrait être si, comme le veulent certains
« auteurs, toutes ces matières dissoutes et mêlées ensemble
« dans l'eau se fussent ensuite précipitées au fond de cet élé-
« ment, etc.

« Une chose à laquelle nous devons faire attention et qui con-
« firme ce que nous venons de dire sur la formation des couches
« par le mouvement et par le sédiment des eaux, c'est que
« toutes les autres causes de révolution ou de changement sur
« le globe ne peuvent produire les mêmes effets. Les mon-
« tagnes les plus élevées sont composées de couches parallèles,
« tout de même que les plaines les plus basses, et, par consé-
« quent, on ne peut pas attribuer l'origine et la formation des
« montagnes à des secousses, à des tremblements de terre, non
« plus qu'à des volcans, et nous avons des preuves que s'il se
« forme quelquefois de petites éminences par ces mouvements
« convulsifs de la terre, elles ne sont pas composées de couches
« parallèles; que les matières de ces éminences n'ont intérieu-
« rement aucune liaison, aucune position régulière, et qu'enfin
« ces petites collines formées par les volcans ne présentent aux
« yeux que le désordre d'un tas de matière rejetée confusément.
« Mais cette espèce d'organisation de la terre que nous décou-
« vrons partout, cette situation horizontale et parallèle des
« couches, ne peuvent venir que d'une cause constante et d'un
« mouvement réglé et toujours dirigé de la même façon. Nous
« sommes donc assurés, par des observations exactes, réitérées
« et fondées sur des faits incontestables, que la partie sèche du
« globe que nous habitons a été longtemps sous les eaux de la
« mer; par conséquent cette même terre a éprouvé, pendant
« tout ce temps, les mêmes mouvements, les mêmes change-
« ments qu'éprouvent actuellement les terres couvertes par la
« mer. »

Buffon cherche ensuite à se rendre compte de l'action com-
binée des marées et des vents, pour leur attribuer une grande

influence sur la manière dont se forment les dépôts et les inégalités du fond de la mer, qui sont toujours composées de couches horizontales ou également inclinées. Il explique la présence de la mer sur l'emplacement des continents actuels, et la retraite de ses eaux dans les bassins de nos jours, par des causes analogues à celles qui agissent encore, et, par conséquent, peu en rapport avec l'importance des résultats.

C'est à des affaissements qu'il attribue la réunion ou la communication de certaines masses d'eau, et « ces grands affaisse-« ments, dit-il (p. 118), quoique produits par des causes acci-« dentelles et secondaires, ne laissent pas de tenir une des « premières places entre les principaux faits de l'histoire de la « terre, et ils n'ont pas peu contribué à changer la face du « globe. La plupart sont causés par des feux intérieurs, dont « l'explosion fait les tremblements de terre et les volcans; rien « n'est comparable à la force de ces matières enflammées et « resserrées dans le sein de la terre; on a vu des villes entières « englouties, des provinces bouleversées, des montagnes ren-« versées par leur effort. Mais, quelque grande que soit cette « violence et quelque prodigieux que nous en paraissent les « effets, il ne faut pas croire que ces feux viennent d'un feu « central, comme quelques auteurs l'ont écrit, ni même qu'ils « viennent d'une grande profondeur, comme c'est l'opinion « commune, car l'air est absolument nécessaire à leur embrase-« ment, au moins pour l'entretenir. »

Buffon invoque encore les causes météorologiques comme contribuant aux changements qu'éprouve la surface de la terre; puis, passant aux preuves de sa théorie, il traite de la formation des planètes, sujet dont nous n'avons pas à nous occuper, mais où l'on voit que l'on ne se faisait point alors une juste idée de l'innocuité très-probable d'une comè e, venant à rencontrer dans sa course un corps tel que notre soleil. L'auteur examine ensuite les systèmes de Whiston, de Burnet, de Woodward, de Leibnitz, et dit, à propos de ceux-ci (p. 180) : « Assurer, comme « l'assure Whiston, que la terre a été comète, ou prétendre, « avec Leibnitz, qu'elle a été soleil, c'est dire des choses égale-

« ment possibles ou impossibles, et auxquelles il serait superflu « d'appliquer la règle des probabilités. Dire que la mer a au- « trefois couvert toute la terre, qu'elle a enveloppé le globe « entier, et que c'est par cette raison qu'on trouve des coquilles « partout, c'est ne pas faire attention à une chose très-essen- « tielle, qui est l'unité de temps de la création; car, si cela était, « il faudrait nécessairement dire que les coquillages et les autres « animaux habitants des mers, dont on trouve les dépouilles « dans l'intérieur de la terre, ont existé les premiers et long- « temps avant l'homme et les animaux terrestres; or, indépen- « damment du témoignage des Livres sacrés, n'a-t-on pas raison « de croire que toutes les espèces d'animaux et de végétaux sont « à peu près aussi anciennes les unes que les autres? »

Ce passage montre combien Buffon subissait l'influence des idées de son époque et combien il avait peu étudié encore cette nature dont il parlait; il peut aussi servir de terme de comparaison pour faire apprécier la distance qui sépare ses premières spéculations des dernières.

En parlant plus loin des *coquilles et autres productions de la mer qu'on trouve dans l'intérieur de la terre*, « j'ai souvent, « dit-il (p. 240), examiné des carrières du haut en bas, dont les « bancs étaient remplis de coquilles; j'ai vu des collines entières « qui en sont composées, des chaînes de rochers qui en con- « tiennent une grande quantité dans toute leur étendue. Le « volume de ces productions de la mer est étonnant, et le nom- « bre des dépouilles de ces animaux marins est si prodigieux « qu'il n'est guère possible d'imaginer qu'il puisse y en avoir « davantage dans la mer. C'est en considérant cette multitude « innombrable de coquilles et d'autres productions marines « qu'on ne peut pas douter que notre terre n'ait été, pendant « un très-long temps, un fond de mer peuplé d'autant de coquil- « lages que l'est actuellement l'Océan; la quantité en est im- « mense, et, naturellement, on n'imaginerait pas qu'il y eût dans « la mer une multitude aussi grande d'animaux; ce n'est que « par celle des coquilles fossiles et pétrifiées qu'on trouve sur « la terre que nous pouvons en avoir une idée. En effet, il ne

« faut pas croire, comme se l'imaginent tous les gens qui veulent « raisonner sur cela sans avoir rien vu, qu'on ne trouve ces co-« quilles que par hasard, qu'elles sont dispersées çà et là, ou tout « au plus par petits tas, comme des coquilles d'Huîtres jetées à la « porte : c'est par montagnes qu'on les trouve, c'est par bancs « de 100 et de 200 lieues de longueur, c'est par collines et par « provinces qu'il faut les toiser, souvent dans une épaisseur de « 50 ou 60 pieds, et c'est d'après ces faits qu'il faut raisonner. »

Buffon rapporte alors les observations de Réaumur et les remarques de Fontenelle sur les faluns coquilliers de la Touraine (*antè*, p. 260), et ajoute (p. 245) : « Il y a, comme on voit, une « prodigieuse quantité de coquilles bien conservées dans les « marbres, dans les pierres à chaux, dans la craie, dans les « marnes, etc. On les trouve, comme je viens de le dire, par « collines et par montagnes; elles font souvent plus de la moi-« tié du volume des matières où elles sont contenues; elles « paraissent la plupart bien conservées; d'autres sont en frag-« ments, mais assez gros pour qu'on puisse reconnaître à l'œil « l'espèce de coquille à laquelle ces fragments appartiennent, et « c'est là où se bornent les observations et les connaissances « que l'inspection peut nous donner. Mais je vais plus loin : je « prétends que les coquilles sont l'intermède que la nature em-« ploie pour former la plupart des pierres; je prétends que les « craies, les marnes et les pierres à chaux ne sont composées « que de poussière et de détriment de coquilles; que, par con-« séquent, la quantité des coquilles détruites est infiniment plus « considérable que celle des coquilles conservées. »

Par le mot *coquilles*, Buffon comprend évidemment tous les débris calcaires, non-seulement des animaux mollusques, mais encore des polypiers, des échinides, des stellérides et des crustacés, comme on le voit dans cet autre passage : « Cette production « d'une nouvelle substance pierreuse, le calcaire, par le « moyen de l'eau, dit-il (1), est un des plus étonnants ou-

(1) Vol. V, *Minéraux*, p. 183. Éd. de 1828, mise en ordre par de Lacépède. — Voy. aussi, *ibid.*, p. 204.

« vrages de la nature, et en même temps un des plus universels; « il tient à la génération la plus immense peut-être qu'elle ait « enfantée dans sa première fécondité. Cette génération est celle « des coquillages, des madrépores, des coraux et de toutes les « espèces qui filtrent le suc pierreux, et produisent la matière « calcaire sans que nul autre agent, nulle autre puissance par« ticulière de la nature puisse ou ait pu former cette substance. « La multiplication de ces animaux à coquilles est si prodi« gieuse qu'en s'amoncelant ils élèvent encore aujourd'hui en « mille endroits des récifs, des bancs, des hauts-fonds, qui sont « les sommets des collines sous-marines, dont la base et la masse « sont également formées de l'entassement de leurs dépouilles. « Et combien dut être encore plus immense le nombre de ces « ouvriers du vieil Océan dans le fond de la mer universelle, « lorsqu'elle saisit tous les principes de fécondité répandus sur « le globe animé de sa première chaleur ! »

Si l'on y ajoute encore les restes de rhizopodes et de bryozoaires, dont Buffon ne s'occupait pas, on trouvera ses conclusions d'une grande justesse et de plus en plus confirmées par les études modernes. Il cite une multitude de localités déjà connues où des fossiles ont été observés et recueillis dans les diverses parties du globe, et en particulier ceux qui abondent aux environs de Paris, dans un rayon de 25 à 30 lieues : telles sont entre autres les localités d'Issy, de Sèvres, de Marly, de Passy, de Villers-Cotterets, de Soissons, du mont Ganelon près de Compiègne, de Courtagnon, de Chaumont, de Cassel en Flandre, etc.; puis, au delà, les environs de Maestricht, la Bourgogne, les Alpes, les Pyrénées, la Calabre, les diverses parties de l'Allemagne, la Hongrie, etc. Il cite les poissons fossiles du Liban, du Mansfeld, d'Œningen, les pierres lenticulaires des pyramides d'Égypte, les fossiles des environs de Tocat, dans la province de Pont, etc. « En voilà assez, dit-il en terminant, « pour prouver qu'en effet on trouve des coquilles de mer, des « poissons pétrifiés et d'autres productions marines presque « dans tous les lieux où on a voulu les chercher, et qu'ils y « sont en prodigieuse quantité. »

En 1746, il parut à Paris une lettre sur les changements arrivés au globe terrestre. Cette lettre, écrite en italien et sans nom d'auteur, n'était qu'une plaisanterie dénuée d'importance, dans laquelle les poissons pétrifiés n'étaient que des poissons rejetés de la table des Romains, parce qu'ils n'étaient pas frais, et les coquilles trouvées dans les pierres avaient été laissées par des pèlerins revenant de la Terre sainte. Buffon traita ces plaisanteries comme elles le méritaient; mais on doit regretter qu'après avoir appris que la lettre était de Voltaire, il ait abaissé la dignité de la science jusqu'à s'excuser en quelque sorte vis-à-vis de ce dernier de la critique si bien motivée qu'il s'était permise à son égard (p. 253).

Le grand naturaliste de Montbart n'avait pas étudié ni comparé avec assez de soin les débris organiques dont il parle, pour avoir une opinion bien différente de celle qui régnait de son temps, savoir, que la plupart de ces débris provenaient d'espèces qui avaient encore leurs analogues vivants, que les cornes d'Ammon existaient peut-être dans les profondeurs des mers, etc.; mais il est moins affirmatif pour les grandes espèces de mammifères de Sibérie, d'Irlande et du Canada, qu'il avait probablement mieux étudiées.

Plus tard (1), revenant sur ce sujet, nous le voyons beaucoup plus explicite et émettre des opinions opposées. « J'ai, dit-il, « deux observations essentielles à faire : la première, c'est que « les cornes d'Ammon, qui paraissent faire un genre plutôt « qu'une espèce dans la classe des animaux à coquilles, tant « elles sont différentes les unes des autres par la forme et la « grandeur, sont réellement les dépouilles d'autant d'espèces « qui ont péri et ne subsistent plus... Il en est de même des « Bélemnites, des pierres lenticulaires et de quantité d'autres « coquillages dont on ne retrouve point aujourd'hui les ana- « logues vivants dans aucune région de la mer, quoiqu'elles

(1) Le passage suivant est emprunté aux *Suppléments*, dont la publication est postérieure à celle des *Époques de la nature;* mais nous le plaçons ici, à cause du sujet auquel il se rapporte.

« soient presque universellement répandues sur la surface en-
« tière de la terre. Je suis persuadé que toutes ces espèces, qui
« n'existent plus, ont autrefois subsisté pendant tout le temps
« que la température du globe et des eaux de la mer était plus
« chaude qu'elle ne l'est aujourd'hui, et qu'il pourra de même
« arriver, à mesure que le globe se refroidira, que d'autres
« espèces actuellement vivantes cesseront de se multiplier, et
« périront comme ces premières ont péri, par le refroidisse-
« ment.

« La seconde observation, c'est que quelques-uns de ces osse-
« ments énormes, que je croyais appartenir à des animaux
« inconnus, et dont je supposais les espèces perdues, nous ont
« paru néanmoins, après les avoir scrupuleusement examinés,
« appartenir à l'espèce de l'Éléphant et à celle de l'Hippopo-
« tame, mais à la vérité à des éléphants et des hippopotames
« plus grands que ceux du temps présent. Je ne connais, dans
« les animaux terrestres, qu'une seule espèce perdue : c'est
« celle dont j'ai fait dessiner les dents molaires avec leurs di-
« mensions dans les *Époques de la nature*. »

Dans l'article IX de la *Théorie de la terre*, Buffon traite des inégalités de sa surface, par conséquent des montagnes ou de l'orographie; nous emprunterons encore aux *Suppléments* les idées théoriques de l'auteur qui se rattachent à ce sujet. « Toutes les vallées et tous les vallons de la surface de la terre, « dit-il (p. 304), ainsi que toutes les montagnes et les collines, « ont eu deux causes primitives : la première est le feu, et la « seconde est l'eau. Lorsque la terre a pris sa consistance, il « s'est élevé à sa surface un grand nombre d'aspérités, il s'est « fait des boursouflures comme dans un bloc de verre ou de « métal fondu. Cette première cause a donc produit les pre- « mières et les plus hautes montagnes qui tiennent par leur « base à la roche intérieure du globe, et sous lesquelles, comme « partout ailleurs, il a dû se trouver des cavernes qui se sont « affaissées en différents temps; mais sans considérer ce second « événement, il est certain que dans le premier temps où la « surface de la terre s'est consolidée, elle était sillonnée partout

« de profondeurs et d'éminences, uniquement produites par « l'action du premier refroidissement.

« Ensuite, lorsque les eaux se sont dégagées de l'atmosphère, « ce qui est arrivé dès que la terre a cessé d'être brûlante, au « point de la rejeter en vapeurs, ces mêmes eaux ont couvert « toute la surface de la terre actuellement habitée jusqu'à la « hauteur de 2000 toises; et pendant leur long séjour sur nos « continents, le mouvement du flux et du reflux, et celui des « courants, ont changé la disposition et la forme des montagnes « et des vallées primitives. Ces mouvements auront formé des « collines dans les vallées; ils auront recouvert et environné de « nouvelles couches de terre le pied et les croupes des mon- « tagnes, et les courants auront creusé des sillons, des vallons, « dont tous les angles se correspondent. C'est à ces deux causes, « dont l'une est bien plus ancienne que l'autre, qu'il faut rap- « porter la forme extérieure que nous présente la surface de la « terre. Ensuite, lorsque les mers se sont abaissées, elles ont « produit des escarpements du côté de l'occident, où elles s'é- « coulaient plus rapidement, et ont laissé des pentes douces du « côté de l'orient.

« Les éminences qui ont été formées par le sédiment et les « dépôts de la mer ont une structure bien différente de celles « qui doivent leur origine au feu primitif. Les premières sont « toutes disposées par couches horizontales et contiennent une « infinité de productions marines; les autres, au contraire, ont « une structure moins régulière et ne renferment aucun indice « de production de la mer. Ces montagnes de première et de « seconde formation n'ont rien de commun que les fentes per « pendiculaires qui se trouvent dans les unes et dans les autres « et qui résultent de deux causes bien différentes. Les matières « vitrescibles, en se refroidissant, ont diminué de volume et se « sont, par conséquent, fendues de distance en distance; celles « qui sont composées de matières calcaires amenées par les eaux « se sont fendues par le desséchement. »

Nous aurons occasion de revenir sur ces diverses conclusions, que nous n'avons rapportées ici qu'à cause du caractère de

généralité que Buffon leur attribuait, mais qui ne reposent, en réalité, que sur des données fort incomplètes, peu exactes, insuffisantes à tous égards, et qui n'ont pas résisté à une observation plus attentive et mieux interprétée des faits.

La fin du livre est consacrée à l'examen de l'hydrographie générale et des phénomènes météorologiques de nos jours, dont les actions peuvent influer plus ou moins sur les changements apportés dans l'aspect ou dans l'état de la surface de la terre.

Époques de la nature.

« Dans sa *Théorie*, Buffon ne voyait qu'une époque, qu'une « terre, que la terre *ouvrage des eaux*, dit un de ses plus élé« gants et de ses plus savants commentateurs (1). Dans son « *Système*, il voyait une autre époque, une autre terre, la terre « *ouvrage du feu*. Dans ses *Époques de la nature*, Buffon voit « non-seulement ces deux grandes et principales époques, il voit « toutes les époques intermédiaires et subséquentes. Ici tout « s'éclaircit, tout se démêle; chaque fait, chaque événement « prend sa place; tout se lie, et Buffon, comme il le dit lui« même, forme une chaîne qui, du sommet de l'échelle du « temps, descend jusqu'à nous. »

Si l'on prenait cette dernière phrase à la lettre, on trouverait sans doute qu'il manquait bien des anneaux à la chaîne, bien des échelons à l'échelle du temps, qu'il s'en fallait de beaucoup que tout fût éclairci, démêlé, que chaque fait, chaque événement eût trouvé sa place; c'eût été, en effet, trop demander à un seul homme; mais ce qu'il a produit est déjà bien grand et suffit à sa gloire. Écoutons-le exposer lui-même son sujet avec cette ampleur d'idées et cette magnificence de style que nul n'a encore surpassées.

« Comme, dans l'histoire civile, on consulte les titres, on « recherche les médailles, on déchiffre les inscriptions antiques « pour déterminer les époques des révolutions humaines et « constater les dates des événements moraux; de même, dans « l'histoire naturelle, il faut fouiller les archives du monde, tirer

(1) P. Flourens, *Histoire des travaux et des idées de Buffon*, p. 220, in-12; 1844.

« des entrailles de la terre les vieux monuments, recueillir leurs « débris et rassembler en un corps de preuves tous les indices « des changements physiques qui peuvent nous faire remonter « aux différents âges de la nature. C'est le seul moyen de fixer « quelques points dans l'immensité de l'espace, et de placer un « certain nombre de pierres numéraires sur la route éternelle « du temps.

« Le passé est comme la distance; notre vue y décroît et s'y « perdrait de même si l'histoire et la chronologie n'eussent placé « des fanaux, des flambeaux aux points les plus obscurs. Mais, « malgré ces lumières de la tradition écrite, si l'on remonte « à quelques siècles, que d'incertitude dans les faits! que d'er« reurs sur les causes des événements! et quelle obscurité pro« fonde n'environne pas les temps antérieurs à cette tradition! « D'ailleurs, elle ne nous a transmis que les gestes de quelques « nations, c'est-à-dire les actes d'une très-petite partie du genre « humain; tout le reste des hommes est demeuré nul pour nous, « nul pour la postérité; ils ne sont sortis de leur néant que pour « passer comme des ombres qui ne laissent point de traces; et « plût au ciel que le nom de tous ces prétendus héros, dont on « a célébré les crimes ou la gloire sanguinaire, fût également « enseveli dans la nuit de l'oubli!

« Ainsi l'histoire civile, bornée d'un côté par les ténèbres « d'un temps assez voisin du nôtre, ne s'étend de l'autre qu'aux « petites portions de terre qu'ont occupées successivement les « peuples soigneux de leur mémoire. Au lieu que l'histoire na« turelle embrasse également tous les espaces, tous les temps, « et n'a d'autres limites que celles de l'univers.

« La nature étant contemporaine de la matière, de l'espace et « du temps, son histoire est celle de toutes les substances, de « tous les lieux, de tous les âges; et quoiqu'il paraisse à la pre« mière vue que ses grands ouvrages ne s'altèrent ni ne chan« gent, et que dans ses productions, même les plus fragiles et les « plus passagères, elle se montre toujours et constamment la « même, puisque à chaque instant ses premiers modèles repa« raissent à nos yeux sous de nouvelles représentations, cepen-

« dant, en l'observant de près, on s'apercevra que son cours « n'est pas absolument uniforme; on reconnaîtra qu'elle admet « des variations sensibles, qu'elle reçoit des altérations succes- « sives, qu'elle se prête même à des combinaisons nouvelles, à « des mutations de matière et de forme, qu'enfin autant elle « paraît fixe dans son tout, autant elle est variable dans cha- « cune de ses parties; et si nous l'embrassons dans toute son « étendue, nous ne pourrons douter qu'elle ne soit aujourd'hui « très-différente de ce qu'elle était au commencement et de ce « qu'elle est devenue dans la succession des temps; ce sont ces « changements divers que nous appelons ses *Époques*. »

Tel est l'ordre d'idées où se place l'auteur au début de ses *Époques de la nature*, publiées, comme nous l'avons dit, 29 ans après sa *Théorie de la terre*. Il examine ensuite les faits qui, dit-il, peuvent nous rapprocher de l'origine des choses et parmi lesquels il mentionne l'existence des coquilles et d'autres produits organiques de la mer sur toute la surface des continents et des îles jusqu'à une très-grande hauteur.

Il rappelle ce qu'il a dit dans l'ouvrage précédent : que toutes les roches calcaires ont pour origine des débris organiques marins, excepté les calcaires spathiques, l'albâtre provenant de précipité chimique, les stalactites, etc., et il appuie cette opinion des faits déjà énoncés sur les coquilles, les poissons et les plantes. Par les ossements de grands mammifères provenant de la Sibérie et de l'Amérique du Nord, il prouve l'existence d'une chaleur propre du globe qui a permis à ces animaux de vivre sous des latitudes où ils ne vivraient plus aujourd'hui et où on les trouve enfouis presque à la surface du sol.

Buffon fait voir ensuite que les roches cristallines, qu'il appelle la *formation des matières vitrescibles*, sont bien plus anciennes que les calcaires qui résultent de la destruction et de l'agglutination des débris d'animaux marins. Il est ainsi conduit à distinguer d'abord *cinq époques* dans les âges de la terre, époques très-vaguement définies, comme nous allons le dire, et qui ne sont que les germes, encore bien peu distincts, ou les

ébauches faiblement tracées de nos classifications actuelles.

La *première époque* est celle où le globe, étant à l'état de fluidité ignée, a pris sa forme en se renflant vers l'équateur et s'aplatissant aux pôles, en vertu de son mouvement de rotation et de la théorie des forces centrales; la *seconde*, celle où la consolidation de la matière fluide, par suite du refroidissement, a formé les grandes masses de *matières vitrescibles*, telles que les gneiss, les granites et autres roches cristallines anciennes; la *troisième*, celle où la mer, recouvrant les terres actuellement habitées, a nourri les animaux à coquilles dont les dépouilles ont formé les roches calcaires; la *quatrième*, celle de la retraite de ces mêmes mers de nos continents pour se renfermer dans leurs bassins actuels, et la *cinquième*, celle pendant laquelle ont vécu sur les terres du nord les Éléphants, les Rhinocéros, les Hippopotames, et autres grands animaux des contrées chaudes de nos jours. Cette époque, dit l'auteur, est évidemment postérieure à la quatrième, puisque les dépouilles de ces animaux terrestres se trouvent dans le sol superficiel, tandis que celles des animaux marins sont pour la plupart dans les mêmes lieux enfouis à une très-grande profondeur. Ainsi le jugement de Buffon, qui avait peu voyagé, était ici bien supérieur à celui de Pallas qui avait parcouru tant de pays, car nous avons vu ce dernier confondre les dépôts superficiels à ossements (quaternaires) des rives de l'Oka et du Volga avec les couches anciennes (système permien) de la même région.

Contrairement à l'opinion de Gmelin, qui supposait que les cadavres de ces mammifère avaient été charriés du S. au N. par une grande inondation, Buffon s'attache à prouver qu'ils ont dû vivre sous les zones tempérée et glaciale actuelles. On a vu (*antè*, p. 213) que dès 1705 des ossements d'un très-grand animal trouvés dans les alluvions des bords de l'Ohio appuyaient les idées du naturaliste français, qui le regarda comme un Éléphant d'une espèce perdue et en signala d'autres observés au Canada, en Tartarie et en France, près de Simorre. Cet animal, désigné depuis sous le nom de Mastodonte de l'Ohio (*antè*, p. 215) et dont les dents ont été très-bien figurées dans les *Époques de la na-*

ture, était, pour leur auteur, contemporain des Éléphants de la Sibérie, opinion encore généralement admise aujourd'hui.

Il montre ensuite que les changements dans le degré d'obliquité de l'écliptique, invoqués pour expliquer une température plus chaude dans les hautes latitudes, ne peuvent avoir déplacé les pôles de la terre de manière que la Sibérie ait jamais joui du climat de l'Inde. Ces changements ne sont ni constants ni continus, mais produits tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, suivant l'action des planètes perturbatrices, et sans que l'inclinaison puisse jamais atteindre non pas un angle de 45°, mais même de 6°. La température qui devait exister alors dans le voisinage du cercle polaire était le reste de la température primitive de la terre.

La *sixième époque* est celle de la séparation des deux continents, leur ancienne liaison étant prouvée par la présence des restes des mêmes mammifères dans le nord de l'ancien et du nouveau. L'existence, dans les couches du nord et du centre de l'Europe, d'animaux marins qui ne peuvent ou n'ont pu vivre que dans les mers chaudes prouve encore à Buffon des changements de climat dans le même sens et qu'il attribue à la même cause. Suivant lui, les espèces perdues, qu'il appelle *espèces majeures*, étaient plus grandes que celles de nos jours, et leur extinction, comme celle des animaux inférieurs, serait due à l'abaissement de la température par suite du refroidissement séculaire du globe.

« Voilà donc, dit-il (p. 35), l'ordre des temps indiqués par les « faits et par les monuments. Voilà six époques dans la succes- « sion des premiers âges de la nature, six espaces de durée, « dont les limites, quoique indéterminées, n'en sont pas moins « réelles; car ces époques ne sont pas, comme celles de l'his- « toire civile, marquées par des points fixes, ou limitées par « des siècles et d'autres portions du temps que nous puissions « compter et mesurer exactement; néanmoins nous pouvons les « comparer entre elles, en évaluer la durée relative et rappeler « à chacune de ces périodes de durée d'autres monuments et « d'autres faits qui nous indiqueront des dates contemporaines

« et peut-être aussi quelques époques intermédiaires et subsé-
« quentes (1). »

Mais en réalité nous voyons que, par rapport à nos connaissances actuelles, les dépôts que nous appelons *intermédiaires*, *secondaires* et *tertiaires*, c'est-à-dire la totalité de la série des terrains de sédiment, moins ceux de la période *quaternaire*, sont tous compris et sans distinction dans la *troisième époque* de Buffon. La *quatrième* n'est que l'intervalle supposé entre la troisième et la cinquième pour l'écoulement des eaux et la mise à sec des terres actuelles. La *cinquième* correspond évidemment à notre période quaternaire ou diluvienne, et la *sixième* en serait seulement la fin. Ainsi la distinction de ces époques repose sur des caractères essentiellement différents et non comparables pour chacune d'elles, car les unes représentent une certaine durée du temps et les autres des phénomènes physiques qui ont pu être instantanés.

Dans les notes à l'appui de ce premier exposé de ses vues, Buffon rapporte tout ce que l'on savait alors sur l'existence des débris de grands mammifères fossiles dans divers pays, sans négliger pour cela les restes d'animaux inférieurs. Ainsi il dit (p. 79) : « La connaissance de toutes les pétrifications dont
« on ne trouve plus les analogues vivants supposerait une étude
« longue et une comparaison réfléchie de toutes les espèces de

(1) Comme la plupart de ses prédécesseurs et comme beaucoup de ceux qui sont encore venus après lui, Buffon, malgré l'élévation de son esprit, se préoccupe beaucoup aussi des contradictions que semblent révéler l'observation directe des faits avec le texte de la Genèse, et il cherche à les concilier ainsi que déjà l'avaient suggéré de Maillet, Needham et sans doute d'autres encore. « Que pouvons-nous entendre, dit-il (p. 42), par les six jours que
« l'écrivain sacré nous désigne si précisément, en les comptant les uns après
« les autres, sinon *six espaces de temps, six intervalles de durée?* Et ces
« intervalles de temps indiqués par le nom de *jours*, faute d'autres expres-
« sions, ne peuvent avoir aucun rapport avec nos jours actuels, puisqu'il
« s'est passé successivement trois de ces jours avant que le soleil ait été
« placé dans le ciel. Il n'est donc pas possible que ces jours fussent sem-
« blables aux nôtres, et l'interprète de Dieu semble l'indiquer assez en les
« comptant toujours du soir au matin, au lieu que les jours solaires doivent
« se compter du matin au soir. »

« pétrifications qu'on a trouvées jusqu'à présent dans le sein « de la terre, et cette science n'est pas encore fort avancée; « cependant nous sommes assurés qu'il y a plusieurs de ces « espèces, telles que les cornes d'Ammon, les Orthocératites, les « pierres lenticulaires ou numismales, les Bélemnites, les « pierres judaïques, les Anthropomorphites, etc., qu'on ne « peut rapporter à aucune espèce actuellement subsistante....

« On ne connaît pas plus les espèces d'animaux auxquels ont « appartenu les dépouilles dont nous venons d'indiquer les « noms, mais ces exemples et plusieurs autres que je pourrais « citer suffisent pour prouver qu'il existait autrefois dans la « mer plusieurs espèces de coquillages et de crustacés qui ne « subsistent plus. Il en est de même de quelques poissons à « écailles; la plupart de ceux que l'on trouve dans les ardoises « et dans certains schistes ne ressemblent pas assez aux pois- « sons qui nous sont connus pour qu'on puisse dire qu'ils sont « de telle ou telle espèce; il paraît donc que dans tous les genres « la mer a autrefois nourri des animaux dont les espèces n'exis- « tent plus.

« Mais, comme nous l'avons dit, nous n'avons jusqu'à présent « qu'un seul exemple d'une espèce perdue dans les animaux « terrestres, et il paraît que c'était la plus grande de toutes, sans « même en excepter l'Éléphant. Et puisque les exemples des « espèces perdues dans les animaux terrestres sont bien plus « rares que dans les animaux marins, cela ne semble-t-il pas « prouver encore que la formation des premiers est postérieure « à celle des derniers? »

Quatre-vingts années de recherches assidues et fécondes, sur tous les points de la terre, n'ont fait que confirmer depuis cette présomption de Buffon, qui comprenait d'ailleurs très-bien le rôle que devaient jouer les fossiles dans l'histoire du globe. « Leur « pétrification, dit-il (1), est le grand moyen dont la nature « s'est servie et dont elle se sert encore pour conserver à jamais

(1) *Œuvres complètes de Buffon*, vol. VIII, p. 110. — Éd. de 1828 (*Minéraux*, vol. VI).

« les empreintes des êtres périssables; c'est en effet par elle « que nous reconnaissons ses plus anciennes productions et « que nous avons une idée de ces espèces maintenant anéan- « ties, dont l'existence a précédé celle de tous les êtres actuel- « lement vivants ou végétants; ce sont les seuls monuments des « premiers âges du monde; leur forme est une inscription « authentique qu'il est aisé de lire en la comparant avec les « formes des corps organisés du même genre... C'est surtout « dans les coquillages et les poissons, premiers habitants du « globe, que l'on peut compter un plus grand nombre d'espèces « qui ne subsistent plus; nous n'entreprendrons pas d'en don- « ner ici l'énumération, qui, quoique longue, serait encore « incomplète; ce travail sur la vieille nature exigerait seul plus « de temps qu'il ne m'en reste à vivre, et je ne puis que le re- « commander à la postérité! »

Or la postérité a répondu avec empressement à l'appel de notre grand naturaliste, et l'on peut juger aujourd'hui de tout ce qu'il y avait de vrai et de prophétique dans ces remarques de celui qui avait tant médité sur le passé de la terre.

Il développe ensuite les faits relatifs à chacune de ses *époques*. La *première* étant celle de l'état fluide du globe et la *seconde* celle de la formation des roches cristallines anciennes, nous n'aurions pas à en parler ici s'il n'y prenait occasion de raisonner sur les moyens de se rendre compte de la durée des temps écoulés, sujet sur lequel il insiste avec toute raison pour répondre à l'objection qu'on lui avait faite sur l'ancienneté de notre planète, à laquelle il assigne 75000 ans.

« Eh! pourquoi, dit-il (p. 113), l'esprit humain semble-t-il « se perdre dans l'espace de la durée plutôt que dans celui de « l'étendue, ou dans la considération des mesures, des poids et « des nombres? Pourquoi cent mille ans sont-ils plus difficiles « à concevoir et à compter que cent mille livres de monnaie? « Serait-ce parce que la somme du temps ne peut se palper ni « se réaliser en espèces visibles? ou plutôt n'est-ce pas qu'é- « tant accoutumés, par notre trop courte existence, à regarder « cent ans comme une grosse somme de temps, nous avons

« peine à nous former une idée de mille ans et ne pouvons « plus nous représenter dix mille ans, ni même en concevoir « cent mille?

« Le seul moyen est de diviser en plusieurs parties ces « longues périodes de temps, de comparer, par la vue de l'es- « prit, la durée de chacune de ces parties avec les grands « effets, et surtout avec les constructions de la nature, se faire « des aperçus sur le nombre des siècles qu'il a fallu pour pro- « duire tous les animaux à coquilles dont la terre est remplie, « ensuite sur le nombre encore plus grand des siècles qui se « sont écoulés pour le transport et le dépôt de ces coquilles « et de leurs détriments; enfin sur le nombre des autres siècles « subséquents, nécessaires à la pétrification et au dessèche- « ment de ces matières, et dès lors on sentira que cette énorme « durée de 75000 ans, que j'ai comptés depuis la formation « de la terre jusqu'à son état actuel, n'est pas encore assez « étendue pour tous les grands ouvrages de la nature, dont la « construction nous démontre qu'ils n'ont pu se faire que par « une succession lente de mouvements réglés et constants.

« Pour rendre cet aperçu plus sensible donnons un exemple : « cherchons combien il a fallu de temps pour la construction « d'une colline d'argile de 1000 toises de hauteur (1). Les « sédiments successifs des eaux ont formé toutes les couches « dont la colline est composée depuis la base jusqu'au som- « met. Or, nous pouvons juger du dépôt successif et journalier « des eaux par les feuillets des ardoises; ils sont si minces « qu'on peut en compter une douzaine dans une ligne d'épais- « seur. Supposons donc que chaque marée dépose un sédiment « de $\frac{1}{12}$ de ligne d'épaisseur, c'est-à-dire de $\frac{1}{6}$ de ligne chaque « jour, le dépôt augmentera d'une ligne en six jours, de six « lignes en trente-six jours et par conséquent d'environ cinq « pouces en un an; ce qui donne plus de 14000 ans pour le « temps nécessaire à la composition d'une colline de glaise de

(1) Il est probable, d'après la phrase suivante, que par le mot *argile* Buffon entend ici un *schiste argileux* plutôt que l'argile proprement dite.

mille toises de hauteur. Ce temps paraîtra même trop court, « si on le compare avec ce qui se passe sous nos yeux sur cer- « tains rivages de la mer.... Et si cette colline d'argile est cou- « ronnée de rochers calcaires, la durée du temps que je réduis « à 14000 ans ne doit-elle pas être augmentée de celui qui a « été nécessaire pour le transport des coquillages dont la col- « line est surmontée? et cette durée si longue n'a-t-elle pas « encore été suivie du temps nécessaire à la pétrification et au « desséchement de ces sédiments? J'ai cru devoir entrer d'a- « vance dans ce détail afin de démontrer qu'au lieu de reculer « trop loin les limites de la durée, je les ai rapprochées autant « qu'il m'a été possible, sans contredire évidemment les faits « consignés dans les archives de la nature. »

Après avoir étudié ailleurs (1) les divers modes de formation des dépôts d'origine organique ou inorganique, il arrive encore à conclure qu'on pourrait doubler et même quadrupler les nombres qu'il a donnés si l'on voulait se trouver parfaitement à l'aise pour l'explication de tous les phénomènes. « En effet, « lorsqu'on examine en détail la composition de ces mêmes « ouvrages, chaque point de cette analyse augmente la durée « et recule la limite de ce temps, trop immense pour l'imagi- « nation et néanmoins trop court pour notre jugement (2). »

(1) *Œuvres complètes de Buffon*, vol. V, *Minéraux*, III, p. 229; édit. de 1828.

(2) Rien de mieux raisonné que ce passage, et cependant aujourd'hui encore des personnes, fort instruites d'ailleurs, ne comprennent pas qu'on puisse chercher à exprimer les temps écoulés, par des nombres, d'une manière approximative et pour fixer les idées. Afin d'appuyer l'exemple théorique de Buffon par l'observation directe d'un fait, nous avons cité dans nos leçons le suivant, emprunté à la relation du premier voyage de sir Ch. Lyell aux États-Unis en 1842, et que nous croyons utile de reproduire ici, parce qu'il répond à beaucoup d'objections.

Dans la Nouvelle-Écosse, la falaise de South-Joggins, qui borde l'un des golfes de la baie de Fundy, offre une succession très-remarquable de forêts fossiles appartenant au terrain carbonifère. Cette falaise, dirigée N., S., et de 45 à 60 mètres d'élévation, est composée d'une série de couches régulières parallèles, inclinées de 24° au S.-S.-O, d'épaisseurs différentes, formées de grès micacés, d'argiles sableuses, d'argiles schisteuses bleues, d'argile avec

Après avoir assigné un laps de 30 à 35 mille ans pour la formation des planètes et la précipitation des vapeurs à l'état fluide

ou sans nodules ferrugineux, comprenant des lits de houille dont l'épaisseur varie de $0^{m},35$ à $1^{m},20$. L'épaisseur totale de cet ensemble de dépôts, parfaitement continu et qu'on peut embrasser d'un coup d'œil, est de 4440 mètres. Dans une portion de cette épaisseur, qui est de 1376 mètres, on observe des troncs d'arbres à 17 niveaux différents. Ces troncs droits, perpendiculaires au plan des couches, ont une longueur de $1^{m},80$ à $2^{m},45$, et leur diamètre varie de $0^{m},30$ à $0^{m},40$. Jamais ils ne traversent des lits de charbon quelque minces qu'ils soient, et la plupart s'y terminent par leur extrémité inférieure comme s'ils avaient végété à leur surface.

Dans une autre portion de cette coupe naturelle, sur une épaisseur de 426 mètres, et en un point où les lits de charbon sont le plus nombreux, M. Lyell a pu distinguer jusqu'à 68 niveaux différents, offrant des traces très-reconnaissables de sols superficiels successifs avec des racines de plantes.

Les troncs d'arbres qui proviennent pour la plupart de *Sigillaria* ne sont représentés que par leur écorce; la destruction du bois a produit des cylindres creux dont le remplissage s'est fait après le dépôt des couches qui les entourent, car les matières de ce remplissage diffèrent par leur nature comme par leur ordre de superposition de celles des dépôts extérieurs, de sorte que les dépôts ne sont pas contemporains. En outre, l'enfouissement des arbres a dû précéder de bien des années la décomposition de leur intérieur, et l'on a ainsi la preuve que des sédiments de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, aujourd'hui inclinés de 24° à l'horizon, lui ont été déposés parallèlement.

La présence de ces troncs a été constatée sur une étendue de 3 ou 4 kilomètres du N. au S. et sur une étendue de plus du double de l'E. à l'O., car on peut les observer sur les pentes des ravins qui sillonnent le pays. Dans le bassin houiller de Sidney au cap Breton, M. R. Brown a également signalé des troncs de *Sigillaria*, de *Lepidodendron* et de *Calamites* à 16 niveaux différents, munis de leurs racines et certainement encore à la place où ils ont végété, puis une série de 41 lits d'argile remplie de racines et de *Stigmaria* dans leur position normale, de sorte qu'on a également ici la preuve d'au moins 57 forêts fossiles situées les unes au-dessus des autres.

Avec ces données, M. Lyell chercha s'il ne serait pas possible, au moyen de termes de comparaison pris dans la nature actuelle et suivant ainsi la marche de Buffon pour le même objet, d'évaluer le temps qu'a dû exiger, pour se former, une telle série de dépôts alternants avec des périodes de végétation détruites et toujours renouvelées.

Dans la coupe de South-Joggins on a vu que la puissance du système carbonifère était évaluée à un peu plus de 4 kilomètres, et à Pictou, point situé à plus de 160 kilomètres vers l'est, son épaisseur, sans avoir été mesurée

à leur surface, Buffon, traitant de la troisième époque, dit (p. 170) : « On a des preuves évidentes que les mers ont cou-

exactement, est encore très-grande. Mais, en n'estimant qu'à 2300 mètres la puissance moyenne de tout le système carbonifère de la Nouvelle-Écosse, dont l'étendue superficielle est connue, on trouve en multipliant celle-ci par l'épaisseur, que le volume total de ces roches serait de 80000 kilomètres cubes.

En considérant que les dépôts houillers ont dû se former à la manière des deltas de nos jours, M. Lyell fait voir que le Mississipi, qui charrie annuellement tant de matières sédimentaires à son embouchure, mettrait, d'après les évaluations les plus récentes résultant de recherches très-précises, plus de deux millions d'années pour accumuler dans le golfe du Mexique une quantité de sédiments égale au volume précité. Le Gange, suivant des évaluations semblables, n'exigerait que 375,000 ans pour produire le même résultat (*a*).

Remarquons actuellement que, dans la coupe de la falaise de South-Joggins, tout prouve que les dépôts se sont formés de la manière la plus régulière, sous une faible profondeur d'eau, à très-peu près constante. Il n'y a aucune trace de perturbations locales, aucune apparence de transport violent ou de sédimentation plus rapide et plus tumultueuse dans un moment que dans un autre; aucune faille importante, aucun plissement postérieur n'est venu déranger, masquer ou compliquer les rapports primitifs très-simples de toutes ces couches où a régné l'ordre le plus parfait jusqu'au mouvement général qui est venu les incliner en masse, tels qu'on les voit aujourd'hui.

Or, pour produire un tel résultat, il a fallu de toute nécessité qu'un abaissement vertical de plus de 4000 mètres eût lieu graduellement, sans trouble, sans perturbation notable aux environs. En admettant que cet abaissement ait été réparti dans un laps de 375,000 ans, la proportion donnerait $1^{m},20$ par siècle, mouvement comparable à celui qu'éprouvent certaines côtes de nos jours et tout à fait insensible pour les habitants de ces pays. Si l'on se basait, au contraire, sur le charriage du Mississipi, l'amplitude de l'oscillation séculaire ne serait que de $0^{m},15$. Quant à la totalité de l'abaissement pendant cette longue période, on voit qu'il a été à peu près égal à la hauteur actuelle du Mont-Blanc au-dessus de la mer, et qu'il a fallu ensuite un soulèvement de la même amplitude pour amener les choses dans l'état où nous les voyons.

Mais nous devons faire remarquer ici que quelque considérables que puissent paraître les nombres que nous avons rapportés d'après les évalua-

(*a*) Si l'on supposait que la houille s'est formée à la manière des tourbes de nos jours, les nombres indiqués seraient encore plutôt au-dessous qu'au-dessus de la probabilité.

« vert le continent de l'Europe jusqu'à 1500 toises au-dessus « du niveau de la mer actuelle, puisqu'on trouve des coquilles « et d'autres productions marines dans les Alpes et dans les « Pyrénées jusqu'à cette même hauteur. On a les mêmes « preuves pour les continents de l'Asie et de l'Afrique; et même « dans celui de l'Amérique, où les montagnes sont plus élevées « qu'en Europe, on a trouvé des coquilles marines à plus de « 2000 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer du « Sud. Il est donc certain que dans ces premiers temps le dia- « mètre du globe avait deux lieues de plus, puisqu'il était enve- « loppé d'eau jusqu'à 2000 toises de hauteur. »

On voit, d'après ce passage, que notre grand naturaliste, ou ne connaissait pas les opinions déjà émises en Italie, en Allemagne et en Angleterre sur le mode de formation des montagnes, ou bien croyait n'en devoir tenir aucun compte; aussi suppose-t-il que les eaux de la mer s'étant graduellement abaissées pour remplir les profondeurs résultant de l'affaissement des cavernes dont les voûtes ne pouvaient supporter le poids des terres et des eaux qui les chargeaient, les coquilles les plus anciennes et d'espèces perdues sont celles que l'on rencontre aujourd'hui aux plus hautes altitudes, ce qui, nous le verrons, est bien loin d'être exact. En outre, Buffon oublie de remarquer qu'une augmentation de 4000 mètres, qu'il attribue ainsi gra-

tions du célèbre géologue anglais, ils sont encore, au moins sous certains rapports, au-dessous de la vérité, car il a omis un élément fort essentiel dans la question et dont la prise en considération doit allonger singulièrement la période, savoir, le temps exigé pour le développement de chaque végétation qui a donné lieu à un lit de charbon. On sait par des expériences directes et les calculs auxquels elles ont donné lieu qu'un hectare de forêt d'une haute futaie de 100 ans, réduite à l'état de houille, ne produirait qu'une couche de 15 millim. d'épaisseur, ce qui permet de juger du nombre d'années qu'il faudrait ajouter aux chiffres précédents pour que l'appréciation de la durée de la période fût complète. Quoi qu'il en soit, on doit reconnaître que la nature étudiée attentivement nous offre elle-même de précieux chronomètres pour mesurer le temps qu'elle met à accomplir ses œuvres, chronomètres d'une marche si lente que les plus petites fractions de ses unités sont représentées par des siècles de végétation.

tuitement au diamètre de la terre, aurait modifié sensiblement la vitesse de son mouvement de rotation.

Revenant encore à l'idée que les animaux d'alors étaient plus grands que ceux de nos jours, il cite à l'appui les dimensions de certaines Ammonites, les pachydermes et autres mammifères fossiles; mais on peut dire qu'il ne soupçonnait pas la succession des faunes et des flores comprises dans sa troisième époque. En lui assignant une durée de 20000 ans, il dit que les végétaux terrestres ont dû se développer en offrant aussi des espèces, perdues aujourd'hui, qui ont, comme les coquilles, des caractères tropicaux. Il croit, en outre, se rendre compte de l'accumulation des végétaux pour former les couches de houille en supposant qu'ils se sont reproduits pendant tout ce laps de 20000 ans, et c'est là une erreur qu'il eût évitée, s'il eût connu les travaux descriptifs déjà exécutés de son temps; il y aurait vu que les couches de charbon, quel que soit d'ailleurs le temps exigé pour leur formation, ne constituent en réalité qu'une petite fraction des dépôts réunis dans cette même époque.

Buffon pensait que les argiles étaient le premier dépôt qui s'était précipité au fond des eaux, et que les calcaires, avec la plupart des animaux marins, étaient venus ensuite; il déduisait cette théorie générale de ce que lui avaient fait connaître des puits de quelques centaines de pieds de profondeur, exécutés dans les petits vallons des environs de Montbart (1). « Le « temps de la formation des argiles, dit-il (p. 184), a donc « immédiatement suivi celui de l'établissement des eaux. Le « temps de la formation des premiers coquillages doit être « placé quelques siècles après; et le temps du transport de

(1) Dans ces fouilles faites en août 1774, on atteignit une couche remplie de Bélemnites dont Buffon donne une description fort exacte; il distingue la structure du cône enveloppant, l'obliquité de son axe, le cône alvéolaire cloisonné et son enveloppe se prolongeant, dans les individus bien conservés, fort au delà des cloisons pour constituer un cornet très-mince, de plusieurs pouces de longueur, etc. — Voy. *Hist. des minéraux*, vol. III (vol. V des *Œuvres*), éd. de 1828.

« leurs dépouilles a suivi presque immédiatement; il n'y a eu « d'intervalle qu'autant que la nature en a mis entre la nais« sance et la mort de ces animaux à coquilles. »

Il est difficile de concevoir un édifice reposant sur une base plus étroite et plus fragile.

« La formation des schistes, continue-t-il, celle des ardoises, « des charbons de terre et des matières bitumineuses date à « peu près du même temps. Ces matières se trouvent ordinaire« ment dans les argiles à d'assez grandes profondeurs; elles pa« raissent même avoir précédé l'établissement local des der« nières couches d'argile; car, au-dessous de 130 pieds d'ar« gile dont les lits contenaient des Bélemnites, des cornes « d'Ammon et d'autres débris des plus anciennes coquilles, j'ai « trouvé des matières charbonneuses et inflammables, et l'on « sait que la plupart des mines de charbon de terre sont plus « ou moins surmontées par des couches de terre argileuse ; je « crois même pouvoir avancer que c'est dans ces terres qu'il « faut chercher les veines de charbon desquelles la formation « est un peu plus ancienne que celle des couches extérieures « des terres argileuses qui les surmontent ; ce qui le prouve, « c'est que les veines de ces charbons de terre sont presque « toujours inclinées, tandis que celles des argiles, ainsi que « toutes les autres couches extérieures du globe, sont ordinai« rement horizontales. Ces dernières ont donc été formées par « le sédiment des eaux qui s'est déposé de niveau sur une « base horizontale, tandis que les autres, puisqu'elles sont « inclinées, semblent avoir été amenées par un courant sur un « terrain en pente. Ces veines de charbon, qui toutes sont « composées de végétaux mêlés de plus ou moins de bitume, « doivent leur origine aux premiers végétaux que la terre a « formés. »

On comprendra tout le vague, l'incertitude et même l'incohérence de ces considérations et de celles qui les suivent, si l'on songe qu'elles étaient suggérées par quelques traces charbonneuses observées dans les argiles du lias de la Bourgogne, traces que l'auteur confondait théoriquement avec le véri-

table terrain houiller, en assimilant le tout au produit d'une même période continue. Ce qu'il dit ensuite de l'origine et du mode de formation des couches de charbon de terre ne diffère pas beaucoup de ce que l'on dirait actuellement à ce sujet, et surtout on ne s'exprimerait pas avec plus d'exactitude et d'élégance qu'il ne le fait dans le passage suivant, qui semble avoir été écrit de nos jours :

« Les détriments des substances végétales sont donc le pre-
« mier fond des mines de charbon; ce sont des trésors que la
« nature semble avoir accumulés d'avance pour les besoins à
« venir des grandes populations. Plus les hommes se multiplie-
« ront, plus les forêts diminueront. Les bois ne pouvant plus
« suffire à leur consommation, ils auront recours à ces immenses
« dépôts de matières combustibles, dont l'usage leur deviendra
« d'autant plus nécessaire que le globe se refroidira davantage;
« néanmoins ils ne les épuiseront jamais, car une seule de ces
« mines de charbon contient peut-être plus de matière combus-
« tible que toutes les forêts d'une vaste contrée (1). »

Ce que nous avons déjà dit des caractères des 4e, 5e et 6e *époques* suffit pour faire juger de leur importance relative et de leur valeur au point de vue de la science actuelle, aussi n'y reviendrons-nous plus ; mais disons quelques mots d'une *septième époque*, dont il n'était pas question au commencement de son livre, et que Buffon ajoute ici (p. 403) : c'est celle où la puissance de l'homme a secondé la puissance de la nature.

(P. 403.) « Les premiers hommes, dit-il, témoins des mou-
« vements convulsifs de la terre, encore récents et très-fré-
« quents, n'ayant que les montagnes pour asiles contre les
« inondations, chassés souvent de ces mêmes asiles par le feu
« des volcans, tremblants sur une terre qui tremblait sous leurs
« pieds, nus d'esprit et de corps, exposés aux injures de tous
« les éléments, victimes de la fureur des animaux féroces, dont

(1) Voyez sur ce sujet tout ce que dit Buffon dans son article spécial sur le *charbon de terre. Minéraux*, vol. III (vol. V de l'ouvrage, p. 398), édit. de 1828.

« ils ne pouvaient éviter de devenir la proie..., ont commencé « par aiguiser, en forme de haches, ces cailloux durs, ces jades, « ces pierres de foudre que l'on a cru tombées des nues et for- « mées par le tonnerre, et qui, néanmoins, ne sont que les « premiers monuments de l'art de l'homme dans l'état de pure « nature; il aura bientôt tiré du feu de ces mêmes cailloux, en « les frappant les uns contre les autres; il aura saisi la flamme « des volcans ou profité du feu de leurs laves brûlantes pour le « communiquer, pour se faire jour dans les forêts, car, avec le « secours de ce puissant élément, il a nettoyé, assaini, purifié « les terrains qu'il voulait habiter; avec la hache de pierre il a « tranché, coupé les arbres, menuisé le bois, façonné ses armes « et les instruments de première nécessité, etc... »

Ce tableau des premiers établissements de l'homme à la surface de la terre est tracé avec beaucoup de grâce; mais tout ce qui suit n'est qu'une élégante rêverie de l'auteur, qui exagère singulièrement l'effet des travaux de l'homme sur les climats. Ainsi il attribue la différence des climats de Paris et de Québec au déboisement de la France, à l'écoulement des eaux par des travaux de canalisation, à la culture, etc. (p. 420 :) « Rien ne « paraît plus difficile, pour ne pas dire impossible, que de s'op- « poser au refroidissement successif de la terre et réchauffer la « température d'un climat; cependant l'homme le peut faire et « l'a fait. Paris et Québec sont à peu près sous la même latitude « et à la même élévation sur le globe; Paris serait donc aussi « froid que Québec, si la France et toutes les contrées qui l'avoi- « sinent étaient aussi dépourvues d'hommes, aussi couvertes « de bois, aussi baignées par les eaux que le sont les terres voi- « sines du Canada. »

Mais n'oublions pas que ce fut seulement 22 ans après que la théorie des lignes isothermes fut exposée par un autre savant qui, sans avoir le génie de Buffon, possédait plus de connaissances pratiques et surtout le grand avantage d'avoir beaucoup voyagé, observé et comparé.

Le phénomène de l'abaissement de la température par l'effet du rayonnement paraît aussi avoir été ignoré de Buffon, qui y

vit encore un résultat de l'influence de l'homme. Enfin, ayant établi, par des calculs sur le refroidissement des corps sphériques, qu'il avait fallu 37000 ans pour que la surface de la terre, d'abord incandescente, permît le développement des êtres organisés, il évalue à 75000 ans le laps de temps qui a dû s'écouler avant qu'elle ait atteint sa température actuelle. La déperdition de la chaleur serait en outre tellement lente que dans 75000 autres années le globe ne sera pas encore assez refroidi pour que la vie y soit complétement anéantie. On sait aujourd'hui que le reste de cette température initiale est si faible qu'on pourrait la négliger dans les considérations de physique organique sans qu'il en résultât de causes d'erreurs bien sensibles.

On voit donc que Buffon, tout en coordonnant avec beaucoup d'art ce qu'il avait appris et ce qu'il avait observé lui-même, était peu versé dans la connaissance des travaux déjà publiés sur le grand sujet qu'il a traité à deux reprises différentes, car cette connaissance eût suffi à un esprit aussi apte que le sien à saisir les rapports les plus éloignés, pour donner à ses *Époques de la nature* une bien plus grande valeur. Moins prévenu que ses contemporains contre les travaux de Guettard, il eût pu même en tirer parti pour asseoir sa théorie sur des faits non pas plus nombreux, ce qui n'était pas nécessaire, mais moins vagues, observés avec plus de soin, mieux classés et reliés entre eux plus naturellement. L'esprit des méthodes actuelles, qui nous est devenu si familier qu'il nous semble que ces méthodes ont toujours existé, n'était pas d'ailleurs dans la tournure des idées de Buffon, qui ne le comprenait pas ou le négligeait sans s'apercevoir que c'est de son application judicieuse seule que résultent les véritables théories, et que toute autre marche ne donne lieu qu'à des hypothèses ou à des prévisions plus ou moins heureuses, plus ou moins séduisantes. Appréciations générales.

Nous ne pouvons par conséquent regarder les *Époques de la nature*, malgré leur généralité, comme l'expression réelle et complète de l'état où se trouvaient alors les connaissances sur l'histoire de la Terre. Elles n'en reflètent qu'une partie arran-

gée à un certain point de vue. Mais disons aussi que ce que l'on savait de plus n'était pas généralement répandu ni admis: c'était des observations particulières et locales, ou bien des vues théoriques publiées à l'étranger, dans de petits centres scientifiques qu'elles ne dépassaient guère et où souvent même, comme nous l'avons vu, elles étaient loin d'être appréciées à leur juste valeur.

Si l'on doit regretter que Buffon n'ait pas été en possession de toutes les données acquises qui eussent certainement modifié ses opinions à beaucoup d'égards, il ne faut pas perdre de vue les difficultés et la lenteur des relations littéraires à l'époque où il écrivait comparée à la nôtre. Son œuvre, pour être moins parfaite, est toujours un travail d'une haute portée et digne de la plus profonde estime, parce qu'il dépasse de beaucoup tout ce qui avait été encore fait dans cette direction.

Buffon ne devait pas être jugé très-favorablement par les étrangers, la nature de son talent littéraire exigeant une profonde connaissance de la langue pour être appréciée, et la forme d'un ouvrage étant ce dont beaucoup de savants se préoccupent le moins. On a vu l'extrême partialité de de Luc à son égard; quant à de Saussure, il n'en parle presque nulle part, ce qui se conçoit par suite de son caractère exclusivement observateur, tandis que pour de Luc, qui bâtissait sans cesse sur des hypothèses, on serait tenté de croire à une jalousie de métier. Plus récemment, en Angleterre, Conybeare (1), esprit moins prévenu, mais essentiellement pratique, en parle ainsi : « Quoique le génie splendide de Buffon, dit-il, ait vainement épuisé ses forces dans la recherche de spéculations théoriques, et peu ou point ajouté à la masse réelle des faits résultant de l'observation directe, cependant on doit reconnaître que par l'éclat même de ses idées et peut-être aussi par leur étrangeté, il a beaucoup contribué à attirer plus généralement l'attention sur cette branche des études philosophiques. »

(1) *Outlines of the geology of England and Wales*, introduction, p. XLII, in-8. Londres, 1822.

CHAPITRE VIII

DEUXIÈME PÉRIODE.

Les deux naturalistes contemporains dont les travaux nous ont principalement occupé dans le chapitre précédent peuvent servir utilement d'exemple pour montrer combien, dans la culture des sciences, on doit se garder des extrêmes, et combien les facultés, même les plus éminentes, restent peu fécondes si elles ne sont point soumises à la méthode. La synthèse la plus élevée, comme l'observation la plus minutieuse des détails, e. t insuffisante pour atteindre le but. Ce ne sont ni le génie, ni la force, ni la persévérance qui ont manqué à Buffon, ce n'est pas l'étude attentive et constante des faits les plus divers qui a manqué à Guettard, mais ç'a été chez tous deux l'absence d'une base, d'un point de départ bien établi, et de cet esprit qui d'abord analyse, discute et compare attentivement toutes les données acquises pour les ranger ensuite, d'après leurs vrais rapports naturels, de manière à en déduire les principes fondamentaux de la science.

Observations générales.

Les idées de Buffon, pas plus que les recherches et les descriptions de Guettard, n'influèrent sensiblement sur la marche des études géologiques et paléontologiques de la fin du XVIII[e] siècle dans notre pays; les premières étaient trop élevées, les secondes trop diffuses; les unes et les autres ne pouvaient être ni généralisées, ni utilisées et appliquées directement dans la pratique.

La vraie méthode d'observer et de déduire n'étant point trouvée, l'édifice tout entier restait à élever; la géologie et la

paléontologie n'existaient pas comme science, comme corps de doctrine; aussi les premiers naturalistes assez nombreux dont nous allons mentionner les travaux nous offriront-ils encore pour la plupart cette marche incertaine, cette absence de direction et de principe qui font que leurs résultats n'ont qu'un intérêt de localité, par conséquent assez secondaire.

Cependant il serait peu juste de ne pas leur savoir gré de ce qu'ils ont exécuté, quelquefois avec une grande persévérance et beaucoup de dévouement. Ces matériaux recueillis avec soin ont mis leurs successeurs sur la voie de nouvelles recherches; ils ont pu être utilisés et ont, par conséquent, concouru aux progrès de la science.

La seconde période de l'histoire de la paléontologie stratigraphique en France, que nous avons admise, bien plus pour faciliter l'arrangement des matériaux que pour marquer une phase particulière dans la marche de la science, est relativement assez courte ; cependant elle exigera des divisions qui n'avaient pas été nécessaires pour la première. Le nombre et la diversité des publications nous engagent à ranger les unes dans un ordre géographique, sous les désignations de *France sud*, *France centrale*, *France nord*, les autres par ordre de matière sous celles de *Paléozoologie*, de *Traités généraux et enseignement*, de *Paléontologie appliquée*.

Nous commencerons par nos provinces du Midi, qui, vers la fin du siècle dernier, ont donné lieu à des travaux beaucoup plus importants que celles du Nord, ce qui a été précisément l'inverse pour le commencement du siècle actuel. Quelques-unes des recherches qui ont pour objet le nord de la France se sont aussi étendues au delà dans plusieurs directions; mais, comme elles viennent chronologiquement après celles dont nous aurons déjà parlé, leur examen n'aura alors aucun inconvénient. Quant aux ouvrages purement zoologiques où il est traité des fossiles, nous les réunirons et les mentionnerons ensemble, après avoir exposé la plupart des faits de géologie stratigraphique et avant l'examen des dernières recherches qui ont consacré chez nous le principe de la paléontologie appliquée.

§ 1. France Sud.

Ce qui a d'abord attiré l'attention des observateurs sur la chaîne des Pyrénées, ce sont ses nombreuses sources thermales. Le président de Thou, qui était aux Eaux-Chaudes en 1582, en parle avec quelques détails; depuis lors une multitude de mémoires et de notices ont été publiés sur ce sujet, qui sort entièrement de notre cadre. L'*Histoire de la province du Languedoc*, par Astruc, que nous avons déjà rappelée, et la *Carte générale des Pyrénées*, par Roussel, ne nous offrant pas plus d'intérêt, nous passerons immédiatement à l'*Essai sur la minéralogie des monts Pyrénées* (1), travail de l'abbé Palassou, remarquable pour l'époque. **Région pyrénéenne.**

Le texte est accompagné d'une carte générale du versant nord de la chaîne, que l'auteur a plus particulièrement étudié, de huit cartes minéralogiques de détail, à une grande échelle, où la direction des couches est toujours marquée et les divers gisements de roches, de minéraux ainsi que les sources thermales sont indiqués par des signes comme sur les cartes de Guettard, et de 12 planches représentant 24 vues de montagnes les plus intéressantes. L'auteur, en s'avançant de l'O. à l'E., décrit successivement chaque petite région naturelle, depuis les environs de Bayonne jusqu'à ceux de Perpignan, en notant partout avec le soin le plus scrupuleux l'inclinaison et la direction des couches. Comme il serait impossible de le suivre dans l'énumération des faits relatifs à chaque localité nous nous bornerons à citer quelques passages de son *Introduction* pour donner une idée de ses recherches et de leurs principaux résultats. **Palassou.**

« Ce ne sont point, dit Palassou, des observations isolées faites « au gré du hasard, qui ont été l'objet de mon voyage; un « plan suivi et uniforme les a dirigées. Mon travail commence à

(1) In-4. Paris, 1782. — Un rapport favorable avait été fait sur le manuscrit, à l'Académie des sciences, par d'Arci, Lavoisier et Desmarest, le 1er avril 1778.

« l'extrémité de la chaîne que l'Océan baigne de ses flots; il con-
« tinue suivant la position successive des lieux jusqu'aux mon-
« tagnes qui vont se perdre dans la Méditerranée. La régularité
« que la nature a mise dans ses ouvrages a été mon seul guide;
« elle a concouru à l'ordre des faits que je me propose de dé-
« crire...

« Il ne faut donc pas se hâter de prononcer sur la constitu-
« tion des Pyrénées; ces montagnes hérissées de pics, déchirées
« dans leurs flancs, sillonnées par une infinité de torrents, n'ont
« pas conservé leur forme primitive; la terre, couverte de rochers
« confusément entassés, y montre souvent l'image du chaos; ces
« grands changements empêchent de reconnaître au premier
« coup d'œil le plan régulier que la nature a suivi dans ses opé-
« rations; mais, lorsqu'à travers les ruines causées par le temps
« on pénètre dans le sein des montagnes, il est facile alors
« d'apercevoir l'uniformité constante de leur structure inté-
« rieure! Des couches parallèles dévoilent le travail paisible
« de l'agent qui les a formées. »

Ainsi Palassou concluait pour les Pyrénées à l'inverse de de Saussure pour les Alpes, où ce dernier n'avait rien trouvé de *constant que leur variété*.

« Les monts Pyrénéens, continue-t-il, sont composés de bandes
« calcaires et de bandes argileuses ou schisteuses qui se succè-
« dent alternativement et de masses de granite. Chaque bande
« est un assemblage de lits qui se prolongent en général de
« l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., formant un angle de 73° à l'Est et avec
« la méridienne de l'Observatoire de Paris. Ces bancs sont com-
« munément inclinés d'environ 30° avec la perpendiculaire. »

« Le granite n'observe que rarement la disposition régulière
« des bancs composés de pierre à chaux et de bancs argileux ou
« schisteux; il est presque toujours en masses. On trouve cette
« roche, soit à la base, soit vers le sommet des montagnes, mais
« elle ne paraît pas dans toute la longueur de la chaîne. Les
« monts Pyrénées ne présentent, depuis la vallée d'Aspe jusqu'à
« l'Océan, que des lits calcaires et des lits argileux dont quel-
« ques-uns sont interrompus, dans le pays de Soule, par des

« amas énormes de galets; c'est une espèce de noyau qui coupe « ces matières ainsi qu'une substance étrangère coupe un filon « métallique... »

« Lorsque je fus parvenu à découvrir que les bancs se prolon- « geaient de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., il me parut convenable, « pour ne pas suivre un même lit dans toute sa longueur, de « faire mes observations du N. au S. J'exécutai ce dessein avec « d'autant plus de raison que, remontant les grandes vallées que « les eaux ont creusées dans cette direction, j'avais la facilité « de voir, sur des cartes géométriquement levées, la correspon- « dance qui existe entre les matières de différents cantons; je me « suis donc principalement attaché à décrire la substance que « l'on rencontre dans les profondes cavités qui séparent les mon- « tagnes. Chaque vallée a sa description particulière; elle com- « mence à la base des Pyrénées et finit au sommet.

« Comme ces montagnes présentent différents aspects, à « mesure que l'on pénètre dans la chaîne qu'elles forment, je « la divise du N. au S. en trois régions; j'appelle la première « *région inférieure;* la seconde *région moyenne*, et la troisième « *région supérieure.* »

Ainsi rien de plus méthodique et de mieux raisonné que cette marche, rien de plus net que ces premiers résultats généraux. La simplicité et la symétrie relative des Pyrénées avaient permis à Palassou d'adopter, dans ses recherches, un procédé plus rationnel que ne l'avait pu faire de Saussure pour les Alpes; on devait donc espérer que, continuant ses observations avec non moins de persévérance que le savant Genévois, il s'éclairerait de plus en plus sur l'origine et la véritable cause des grands phénomènes qu'il étudiait. Mais il n'en fut pas ainsi, et l'*Essai sur la minéralogie des monts Pyrénées* laissa toujours loin derrière lui les travaux que son auteur a publiés depuis.

Trente ans s'étaient écoulés lorsque Palassou donna ses *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées et des pays adjacents* (1). Ces mémoires, qui n'ont aucun rapport entre

(1) In-8. Pau, 1815.

eux, semblent avoir été écrits par autant de personnes qu'il y a de sujets différents. Les uns traitent des graviers, des blocs et des cailloux roulés des bassins du gave de Pau et de l'Adour, d'autres des diverses espèces de chênes, des tremblements de terre, des oiseaux de passage, etc.

En parlant de l'inclinaison des strates dans les montagnes, l'auteur dit (p. 414) : « Pour moi je persiste à présumer que l'inclinaison générale des couches date de la même époque que leur origine, car il ne paraît pas vraisemblable, comme je l'ai dit dans l'*Essai sur la minéralogie des monts Pyrénées*, que les eaux de la mer aient pu former des bancs horizontaux sur les flancs des montagnes de granite primitif, au-dessus desquels les matières de seconde formation reposent... » Nous avons vu, en effet, de Saussure, sur l'opinion duquel Palassou s'appuie, admettre ce mode de formation au commencement de ses études; mais bientôt, éclairé par les faits et la réflexion, il est revenu à des idées plus saines, exemple qu'aurait dû s'empresser de suivre aussi le naturaliste des Pyrénées, au lieu de s'obstiner dans une si fausse voie.

Dans la *Suite des Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées et des pays adjacents* (1), le même observateur s'est proposé de distinguer comme *secondaires* tous les calcaires et les schistes fossilifères de ces montagnes, distinction dans laquelle la présence des fossiles et leurs caractères spécifiques n'entrent pour rien, et qui reposait sur des données exclusivement stratigraphiques. C'est un essai analogue à celui qui avait été tenté quelques années auparavant dans les Alpes de la Tarentaise, et qui ne pouvait avoir de résultat absolu. C'étaient les idées appliquées depuis longtemps en Allemagne, celles de Pallas à l'Europe orientale, de de Saussure, de de Luc aux Alpes, etc.; mais il n'y avait là aucun principe original, comme l'ont prétendu quelques personnes, auxquelles l'histoire comparée de la science est peu familière.

Palassou n'admet point le *terrain de transition;* il le regarde

(1) In-8. Pau, 1819.

comme une distinction inutile, ce qui prouve qu'il ne le comprenait pas encore et ce qui se conçoit d'ailleurs pour les Pyrénées à l'époque où il écrivait, comme on conçoit également qu'il aurait pu mettre, ainsi qu'on venait de le faire dans les Alpes, tout le terrain secondaire dans le terrain de transition; il n'y avait pas de meilleure raison pour l'un que pour l'autre. Ses *roches secondaires* embrassent ainsi toute la série des terrains de transition, secondaire et tertiaire inférieur. Aucune séparation n'est tracée entre eux, par suite de la différence des fossiles qu'on y trouve, de sorte que le principe déjà appliqué alors (en 1819), en Italie, en Allemagne, en Angleterre et dans le nord de son propre pays, était complétement ignoré de Palassou.

Dans la seconde partie de ce livre il traite des corps marins observés dans les pierres calcaires, grenues ou compactes des diverses parties de la chaîne. Déjà il en avait signalé en 1776, puis dans son ouvrage de 1802, auprès des Eaux-Chaudes et d'Etsaut. Il rappelle les observateurs qui, dans l'intervalle, en ont aussi indiqué; mais il avait d'ailleurs si peu l'idée d'une relation entre les espèces et l'ancienneté des couches, que c'était sur l'état plus ou moins altéré des fossiles qu'il jugeait de leur âge.

Ses conclusions sont les suivantes (p. 92) : « Les calcaires grenus et les calcaires compactes ne doivent pas être séparés; les calcaires de la chaîne, produits dans un temps déterminé, sont secondaires; les alternances de calcaires et de schistes argileux inclinés généralement, et dirigés O.-N.-O., E.-S.-E., sont le résultat d'une action simultanée postérieure à la formation du granite. Les couches calcaires comprises dans les couches de granite feuilleté en sont contemporaines, et celui-ci est moins ancien que le granite massif. Il y avait 70 ans que Lehmann était plus avancé sur la géologie de la Saxe et du Harz, régions qui ne laissent pas non plus que de présenter de nombreuses difficultés.

Disons ici qu'en traitant des roches désignées sous le nom d'*ophite* (p. 100), Palassou les assimile bien, minéralogiquement, au *grunstein* des géologues allemands et à la *diabase* de Brongniart; ce sont donc ses successeurs qui, en consacrant ce nom,

l'ont fait dévier de sa véritable acception originaire et ont apporté une confusion fâcheuse dans la terminologie.

Persistant dans son point de vue, Palassou attribue la formation des vallées des Pyrénées à l'action érosive des cours d'eau et rejette l'origine attribuée à celles des Alpes, par suite des dislocations et des bouleversements que celles-ci ont éprouvés, aussi bien que les courants marins.

Enfin, dans une dernière publication (1) destinée à compléter les précédentes, Palassou continue à observer les rapports stratigraphiques généraux, mais sans en tirer plus de lumières sur la position relative des couches ni sur leur situation première, qu'il suppose toujours avoir été plus ou moins inclinée et telle qu'on la voit aujourd'hui. Ainsi non-seulement l'auteur semble ignorer tout ce qui s'est fait autour de lui, non-seulement 40 années d'observations et de comparaisons n'ont apporté aucun changement dans ses vues, mais encore il méconnaît les lois les plus simples de la physique et de la mécanique naturelle. Il semble qu'isolé du monde entier, Palassou, qui était cependant Correspondant de l'Institut, ait voulu laisser après lui un exemple frappant de la persévérance dans les recherches jointe à l'immobilité complète dans le progrès.

Ce qui reste en résumé de ses nombreux travaux, et surtout de son *Essai* de 1782, c'est d'avoir reconnu le premier, dans les Pyrénées, le parallélisme général de la direction de la chaîne avec celle des couches qui la composent et qui est dirigée O.-N.-O., E.-S.-E., d'avoir observé l'inclinaison de ces couches partout avec un grand soin, l'alternance des calcaires et des schistes, la présence du granite dans les parties les plus basses aussi bien que dans les plus élevées, l'enchevêtrement du granite schisteux avec le granite massif et l'existence du calcaire dans ces mêmes roches cristallines.

Picot de Lapeirouse.

De son côté et dans le même temps, Picot de Lapeirouse (2)

(1) *Nouveaux Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées et des pays adjacents*, in-8. Pau, 1823.

(2) *Excursion dans une partie du comté de Foix. — Hist. et Mém. de*

concluait de ses recherches (p. 413) que les roches des Pyrénées étaient, les unes vitrifiables, les autres calcaires et schisteuses. Les montagnes calcaires renferment des débris d'êtres organisés ou en sont dépourvues. Celles qui en renferment se trouvent placées en dehors de la chaîne principale et présentent aussi des grès, du jayet, du charbon, du bois bitumineux, etc. Celles de l'intérieur sont sans fossiles. Les couches verticales ne doivent pas leur situation à un bouleversement... Elles ont dû être formées telles qu'elles existent aujourd'hui. « Il n'en a pas plus coûté à la nature, dit l'auteur, pour élever « des couches verticales que pour les poser symétriquement « les unes au-dessus des autres. » La position et l'arrangement des chaînes et des montagnes calcaires avec le granite, la serpentine et les autres roches dites primitives, prouvent qu'elles ont été élevées dans le même temps et par la même cause (1).

De Lapeirouse distingue deux sortes de calcaires : l'un déposé dans les eaux où vivaient les animaux dont on y trouve les restes, l'autre contemporain des roches les plus anciennes, mélangé avec elles et entrant dans leur composition. Les montagnes de dépôts plus récents sont formées de grands blocs roulés et de galets de granite avec d'autres roches, enveloppés de gravier, de sable ou de terre, qui remplissent la plupart des vallées. Plus ces dépôts sont éloignés de la chaîne et plus les cailloux en sont variés.

Ces débris, déposés avec ordre en lits horizontaux, contrastent avec la structure habituelle des montagnes, et les collines qu'ils constituent sont évidemment plus récentes que les roches qui ont fourni leurs matériaux et celles contre lesquelles elles s'appuient. L'origine de ces dépôts est d'ailleurs bien appréciée par l'auteur.

Le même ingénieur avait signalé des ossements de quadru-

l'Acad. r. des sciences de Toulouse, vol. III, p. 384, 1788, lu en 1786. — *Traité sur les minerais de fer du comté de Foix.* — *Voyage au Mont-Perdu et Observations sur la nature des crêtes les plus élevées des Pyrénées.* — *Journal des mines*, an VI (1797-98), p. 39.

(1) On doit supposer que par le mot *élevées* l'auteur entend *formées*, sans quoi il serait en contradiction avec ce qui précède.

pèdes trouvés pêle-mêle avec des coquilles et des polypiers, probablement non en place, sur la pente supérieure du Mont-Perdu (1). Ils étaient dans un fort mauvais état de conservation, et rien ne prouvait leur contemporanéité avec les fossiles marins. En outre, ces circonstances, que leur coupe transverse est nette et unie, que leur surface porte des entailles vives et profondes, comme si elles avaient été faites par un instrument tranchant et dirigé avec force pendant la vie de l'animal, empêchent d'attribuer à ces restes aucune valeur géologique, ce que Fortis avait d'ailleurs présumé.

Le travail de Lapeirouse le plus important pour nous est sa *Description de plusieurs espèces nouvelles d'Orthocératites et d'Ostracites* (2), qui a appelé l'attention des naturalistes sur des formes de coquilles que l'abbé de Sauvages avait déjà signalées, quarante ans auparavant, sur le versant oriental des Cévennes. Ces corps, qu'il prend les uns pour des céphalopodes à coquilles droites, les autres pour des Huîtres particulières, ne sont en réalité ni les uns ni les autres. Mais les figures, nombreuses et bien faites, ont mis leurs caractères assez en évidence pour qu'elles aient pu être mieux classées par la suite. C'est à l'est des Bains-de-Rennes, dans les Corbières, depuis Montferrand jusqu'à Sougraigne, et surtout à la montagne dite des *Cornes*, à cause de la prodigieuse quantité de ces corps, souvent fort allongés et un peu recourbés, qui y forment une assise puissante, que l'auteur avait fait une abondante récolte de tous ces fossiles.

Ramond. Lorsque Ramond commença ses recherches dans les Pyrénées, en 1789, le Mont-Perdu était regardé comme le point culminant de la chaîne; il le décrivit plus tard (3) et montra qu'il était composé de roches calcaires secondaires avec des corps marins fossiles, tandis qu'il n'en avait point rencontré dans les autres roches qu'il regardait comme du même âge. Il signala une Ammonite au Vignemale et une multitude

(1) *Journ. de phys.*, vol. L, p. 81; 1800.
(2) In-f°. Erlangen, 1781, avec 13 pl.
(3) Mémoire lu à l'Institut le 21 vend. an VI. — *Journ. des mines*, n° 37, p. 35, an VI.

de Peignes, de Cames, d'Huîtres, d'Astérites, de polypiers, etc. Dans son *Voyage au sommet du Mont-Perdu* (1), il estima son élévation au-dessus de la mer à 1562 toises, et en donna une description à la fois pittoresque, physique et pétrographique fort intéressante. Il mentionne des fossiles au port de Pinède et la présence des Nummulites sur beaucoup de points.

(P. 344.) Des plantes monocotylédones aquatiques s'observent dans des grauwackes schisteuses reposant sur les roches cristallines; au delà, dit l'auteur, tout est grès, calcaire ou poudingue. Les fossiles se montrent surtout dans les roches arénacées. Les Lenticulaires numismales y abondent en quantité si prodigieuse, ajoute-t-il, qu'elles épouvantent l'esprit le plus accoutumé à l'idée des grandes distinctions de la nature. Il en décrit de trois dimensions : la plus petite, de 2 millimètres de diamètre, appartient aux cimes mêmes du Mont-Perdu; elle paraît, dit Ramond, avoir beaucoup souffert du transport (2); la seconde, observée dans le val de Broto et le fond du val d'Ordesa, se reconnaît à ses tubercules (3), et la troisième, qui est la plus grande, est très-bien conservée dans les couches les plus basses, au-dessous de Torla et vers la plaine.

Les couches sont tantôt horizontales et tantôt verticales. Les premières sont traversées par des fentes perpendiculaires. Ce qui caractériserait essentiellement la chaîne du Mont-Perdu, c'est une disposition à se diviser par des plans verticaux en parallélipipèdes rectangles, et, dans le massif même de la montagne, on remarque une disposition très-prononcée des couches en éventail, qui serait précisément inverse de celle que produirait un soulèvement.

Ramond a cru démontrer aussi l'existence du terrain de transition dans les Pyrénées; mais, comme cette distinction n'était pas fondée sur des caractères paléontologiques, la plupart

(1) *Journ. des mines*, n° 83, p. 321, an XI.

(2) Cette remarque est fort juste; car cette espèce, que nous avons dédiée à M Leymerie, s'altère, en effet, sur son pourtour d'une manière qui lui est tout à fait particulière.

(3) C'est la *N. granulosa*.

des couches qu'il considérait comme telles n'étaient pas le véritable terrain de transition de Werner. C'était une erreur générale alors de prendre pour tel tout ensemble de roches schisteuses ou calcaires, d'une teinte foncée, dures, d'un aspect ancien, en couches plus ou moins redressées et placées à peu de distance des roches cristallines, caractères que l'on sait aujourd'hui pouvoir se rencontrer surtout dans les grandes chaînes, aussi bien dans des dépôts secondaires et tertiaires que dans ceux qui sont plus anciens. On ne comprenait pas non plus que pour classer des roches dans le terrain de transition, ne fût-ce que par leurs caractères pétrographiques et stratigraphiques, il fallait déterminer aussi sa limite supérieure ou la base du terrain secondaire, et c'est ce que l'on ne faisait pas plus dans les Pyrénées que dans les Alpes.

Auteurs. Il nous suffira de rappeler brièvement les publications suivantes, qui n'ont apporté dans la science que des faits de détail sans vues générales, des observations sans conclusions possibles d'une importance quelconque. Ainsi Dralet, dans sa *Description des Pyrénées considérées principalement sous les rapports de la géologie, de l'économie politique, rurale, forestière*, etc. (1), a donné un certain nombre d'altitudes ainsi que le résultat de recherches sur la température et les caractères physiques de la chaîne dont il décrit les mines, les carrières et autres exploitations. Reboul (2) a publié un mémoire sur les positions respectives des calcaires, des granites, des schistes argileux et des roches siliceuses au Marboré et au Mont-Perdu; Noguès (3), une notice sur son voyage des bains de Barége à Gavarnie; Pasumot, son *Voyage physique dans les Pyrénées* en 1788 et 89; Vidal et Reboul (4), les nivellements exécutés en 1780 et 90, opérations à la suite desquelles le Mont-Perdu fut dépouillé de la suprématie que lui enleva la Maladetta, visitée plus tard par L. Cordier (1).

(1) 1 vol. in-8; 1813.
(2) Mém. lu à l'Académie de Toulouse, 1788.
(3) In-8. Tarbes, 1813.
(4) *Mém. de l'Acad. de Toulouse*, vol. IV, p. 1.
(5) *Journ. des mines*, an XII.

Ce dernier savant a donné une description fort exacte du gisement de sel gemme de Cardonne, situé en Catalogne sur le versant méridional de la chaîne, et il la termine par les conclusions suivantes : Le système des roches salines et gypseuses de Cardonne est disposé en couches verticales et posées sur la tranche; ce système est recouvert par des couches secondaires de la plus ancienne formation et d'une manière transgressive; d'après les conditions de cette superposition, les couches gypseuses et salines sont sans contredit d'une époque non-seulement antérieure, mais encore tout à fait distincte; il existe dans les hautes Alpes des gypses purs et parfois salifères, qui font incontestablement partie du terrain intermédiaire; ces roches gypseuses salifères ont des analogies avec celles du système de Cardonne; enfin, d'après toutes ces probabilités, ce système doit être placé lui-même dans le terrain intermédiaire (2). Depuis lors il a été rapporté d'abord au grès vert et remonté, plus récemment encore, dans la série géologique, jusque dans le groupe tertiaire supérieur aux Nummulites. Les roches minéralogiquement analogues auxquelles Cordier les comparait dans les Alpes ont été rangées dans le trias ou à la base de la formation jurassique.

Bien que l'ouvrage de Charpentier (3) n'ait été publié qu'en 1823, des mémoires antérieurs et diverses communications en avaient fait connaître les principaux résultats; on sait d'ailleurs que toutes les recherches de ce savant furent exécutées de 1808 à 1812, par conséquent dans la période qui nous occupe. De Charpentier.

L'auteur, formé à l'école de Werner, avait cet esprit de méthode puisé dans un enseignement sérieux qui manquait absolument

(1) *Journ. de phys.*, vol. LXXXII, p. 343; 1816.

(2) *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées*, in-8 avec carte. Paris, 1823. — Voy. aussi : Reboul, *Sur la géologie des montagnes Maudites* (Malahata ou Maladetta), *Ann. de chimie et de phys.*, 1817. — *Journal de phys.*, vol. LXXXV. 1822. La *Description minéralogique du département de la Haute-Garonne*, par Brochin, justifie son titre sans avoir pour nous un intérêt particulier (Voy. *Journal des mines*, vol. XIV, p. 415, et suivantes, 1808).

à Palassou; il passa beaucoup moins de temps que ce dernier à étudier la même région montagneuse, et cependant l'*Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées* est, pour le temps, une œuvre complète à son point de vue, aussi bien par le fond que par la forme.

La disposition des principales masses minérales qui constituent la chaîne est bien indiquée sur la carte coloriée qui accompagne le texte; l'étude des substances qui les constituent et de celles qui ne s'y trouvent qu'accidentellement a été faite avec un grand soin; mais, malgré les profils généraux tracés à travers toute la chaîne et passant par cinq points différents de son axe, les relations stratigraphiques des divers systèmes de couches sédimentaires, soit entre eux, soit par rapport aux massifs cristallins, restent encore assez obscures, et les désignations employées par de Charpentier ne concordent guère avec nos classifications.

Il distingue 8 terrains dans l'étendue de sa carte; ce sont les *terrains granitique*, *du schiste micacé*, *du calcaire primitif*, *de transition*, *du grès rouge*, *du calcaire alpin* et *du calcaire du Jura*, *amphibolique secondaire* (ophite de Palassou), *tertiaire* et *d'atterrissements*.

Dans ces divisions on trouverait aujourd'hui que le *terrain de calcaire primitif* comprend des roches de transition et jurassiques, le *terrain de transition* des roches de transition et jurassiques, le *terrain de calcaire alpin et du Jura*, presque exclusivement des roches crétacées et tertiaires inférieures, les *terrains tertiaire et d'atterrissement*, des dépôts tertiaires moyens, supérieurs et quaternaires.

En ce qui regarde les fossiles, on conçoit fort bien que, d'après la direction première de ses études et la nature même du vaste champ si accidenté qu'il parcourait, de Charpentier n'ait pas tiré grand profit de ceux qu'il a rencontrés. Il range dans le terrain de transition des roches où il signale des Bélemnites à Angoumer, au bois de Lembége près Saint-Girons, au pic de Bédillac, à la ferme d'Escot dans la vallée d'Aspe, puis des acéphales dans cette dernière, dans celle d'Ossau, de Ger, etc., des Ammonites dans les marbres rouges de Cierp,

dans le marbre blanc de Getus (vallée d'Ossau), dans les calcaires de Lescure, etc., mais toujours assez rares.

Les Entroques seules abondent dans les calcaires schisteux de Port-Viel (vallée d'Estaubé), et particulièrement dans les roches calcaires. Des plantes monocotylédones ressemblant à des roseaux sont signalées dans des schistes argileux très-carburés, dans la grauwacke schisteuse, surtout dans la partie la plus ancienne qui avoisine le terrain primitif et dans les parties les plus élevées de la chaîne, non loin des grandes protubérances granitiques. De Charpentier rappelle aussi les fossiles signalés par ses devanciers dans le massif du Mont-Perdu rapporté par lui à son *terrain du calcaire alpin.* Les montagnes à l'est du port de Sahun, entre la vallée de la Cinca et celle de l'Essera, sont également fossilifères.

Languedoc. — de Gensanne, de Servières, etc.

La partie *minéralogique et géoponique* de l'*Histoire naturelle de la province du Languedoc* (1), que l'on doit à de Gensanne, est presque uniquement consacrée aux substances minérales, à leur recherche et à leur exploitation. Les mines de houille, de fer, d'argent, de cuivre, de mercure, de plomb, les eaux thermales, les volcans anciens, les basaltes du Velay, des Coirons, d'Agde, etc., ont attiré l'attention de l'auteur beaucoup plus que la géologie stratigraphique, et surtout que les fossiles pour lesquels il cite particulièrement les environs de Bugarach et des Bains-de-Rennes dans les Corbières (vol. IV, p. 181-184) et les marbres de Caune (vol. II, p. 199).

L'origine des cailloux quartzeux des environs de Nismes a été le sujet de deux mémoires intéressants publiés par de Servières (2), qui les regarde comme ayant été apportés par le Rhône, parce qu'ils sont semblables à ceux de la vallée que le fleuve parcourt dans le Dauphiné et la Provence. Les recherches historiques de l'auteur sur les alluvions du Rhône y sont fort étendues et pourraient être encore utilement consultées. Faujas

(1) 5 vol. in-8. Montpellier 1776-79.

(2) *Journ. de phys.*, vol. XXII, p. 370; 1783. — *Ib.*, vol. XXIV, p. 48; 1784.

de Saint-Fond a donné une notice sur une mine de charbon fossile du département du Gard, exploitation dans laquelle ont été rencontrés du succin et des coquilles (1). Dans un second mémoire il s'est occupé d'un rayon ou piquant de poisson du genre des Raies, trouvé dans une pierre des environs d'Aigues-Mortes, ainsi que d'un os maxillaire de quadrupède provenant des carrières ouvertes, dans un calcaire coquillier marin de Saint-Grenier, à trois lieues de Montpellier. De son côté, Marcel de Serres (2), qui a consacré une partie de sa longue existence à l'histoire naturelle des environs de sa ville natale, préludait dans le même temps à ses nombreuses publications.

Giraud-Soulavie. Mais l'observateur qui, au commencement de notre seconde période, avait le mieux compris, dans cette même région, la géologie stratigraphique et qui l'avait appliquée avec le plus de discernement, est sans aucun doute l'abbé Giraud-Soulavie. Dans un mémoire intitulé : *Géographie de la nature, ou distribution naturelle des trois règnes*, accompagné d'une carte minéralogique et botanique du Vivarais (3), il établit que la connaissance de toutes les superpositions observées donne la chronologie de leur formation, résultat fondé sur ce principe incontestable que toute carrière superposée est de formation postérieure à celle de la carrière fondamentale. Ainsi les montagnes du Vivarais, composées de 6 couches de natures différentes, placées les unes au-dessus des autres, sont le résultat de 6 époques séparées et distinctes, puisqu'en examinant les roches de bas en haut on trouve : 1° le granite vif très-solide; 2° un granite secondaire composé de blocs de cette roche, réunis par un ciment sableux; 3° une roche calcaire annonçant l'ancienne existence de la mer dans le pays; 4° des couches énormes de poudingues fluviatiles composées de cailloux roulés granitiques, calcaires, quartzeux, basaltiques, avec des coquilles d'eau

(1) *Ann. du Muséum*, vol. XIV, p. 314; 1809. — *Ib.*, p. 376.

(2) *Journ. de phys.*, vol. LXXXVII, p. 31, 118, 161; 1818. — Nous reviendrons plus loin sur ce travail.

(3) In-8. Paris, 1780. — *Mém. de géologie et de minéralogie*, vol. II.

douce, des ossements, des bois pétrifiés, etc.; 5° une assise puissante de basalte semblable à un courant qui se serait étendu sur le dépôt de cailloux roulés; 6° des matières calcaires recouvrant en partie les nappes basaltiques des Coirons, vers le bas de la montagne, et remplissant les interstices sous la forme de calcaire spathique.

Suivent des principes de géographie botanique où la distribution des plantes est mise en rapport avec les altitudes ou l'élévation de lieux où elles croissent, principes que l'auteur applique aussi à la distribution des animaux. La carte coloriée jointe à ce petit travail si original est la première de cette sorte que nous connaissions en France; elle est intitulée : *Carte géographique de la nature, ou disposition naturelle des minéraux, des végétaux, etc., observés dans le Vivarais.* Toutes les roches d'origine volcanique y sont représentées par une teinte rouge; les volcans à cratère sont distingués par un signe particulier. On y trouve bien marquée la séparation des granites et des calcaires, la ligne de partage des bassins de la Loire et du Rhône, la limite de la culture de la vigne, de l'olivier et des plantes alpines, les filons basaltiques, les basaltes isolés, les substances métalliques, le quartz, le calcaire, etc.

Dans son *Histoire naturelle de la France méridionale* (1), l'abbé Giraud-Soulavie a appliqué ces principes sur une échelle plus étendue. Il range dans une première époque ou *premier âge* (vol. I, p. 317) les fossiles du Vivarais, dont on ne trouve plus les analogues vivants. Ils appartiennent à ce qu'il appelle la *pierre calcaire primordiale.* Ce sont les Ammonites, les Bélemnites, les Térébratules, les Gryphites, les Entroques, etc. Il en signale trois gisements différents, distingue bien les Ammonites des Nautiles par les caractères de leurs cloisons; mais il prend pour des Orthocératites des cônes alvéolaires de Bélemnites. Il est frappé de la multitude d'Entroques que renfer-

(1) 7 vol. in-8, avec cartes et vues. Paris, 1780-84. — La première partie du chap. VIII que nous analysons ici avait été lue à l'Académie des sciences le 14 août 1779 et avait été écrite en 1777.

ment les calcaires des environs d'Aubenas, où elles sont accompagnées de Térébratules plissées et de Bélemnites, dans des roches de diverses natures. Le nom de *primordiales* qu'il donne à ces dernières, toutes pour nous *secondaires*, s'explique par cette circonstance que le terrain de transition manquant dans ce pays, elles succèdent immédiatement aux roches massives cristallines.

Au-dessus d'elles viennent les *calcaires secondaires* de l'auteur, où il signale des fossiles d'espèces éteintes comme dans les précédentes, mais associées ici à d'autres qui auraient leurs analogues vivants (Cames, Moules, Nautiles, Buccardes, Peignes, etc.), et caractériseraient cette époque. Son *troisième âge* comprend aussi une roche calcaire avec des coquillages d'espèces récentes dont les descendants vivent encore dans nos mers. C'est une pierre blanche, tendre, où manquent les cornes d'Ammon, les Nautiles, les Bélemnites et les autres fossiles des premiers calcaires. Son peu d'ancienneté est encore prouvé par les cailloux roulés d'origine volcanique qu'elle renferme.

Dans un résumé à la fois stratigraphique, paléontologique et orographique, Giraud-Soulavie montre que ces trois séries de dépôts se succèdent dans le pays à niveau décroissant, ou sont d'autant moins élevées qu'elles sont moins anciennes.

Les *schistes arborisés* ou renfermant des empreintes végétales constitueraient les dépôts d'un *quatrième âge*, mal défini à cause de la difficulté qu'a eue l'auteur pour établir toujours leurs relations avec les calcaires. On voit en effet qu'il y a réuni des couches d'âges très-différents. Dans le cinquième sont rangés des poudingues, des brèches avec des restes d'Éléphants.

Le soulèvement des calcaires à Ammonites par suite de l'arrivée au jour des basaltes des Coirons est placé ici, et, dans les dépôts de transport les plus récents qui proviennent des montagnes environnantes, se trouvent encore des ossements d'Éléphants et peut-être de Bœufs, des fragments roulés de basalte, de laves, de calcaires de différentes époques, etc.

(P. 343.) « Voilà, dit l'auteur, l'aperçu général qu'offrent les « sommets de nos montagnes antiques du Vivarais et les plaines

« récentes du Rhône qui mouille la lisière inférieure de la pro-
« vince. La suite des temps, et surtout des observations plus
« longues et des lumières plus étendues multiplieront les épo-
« ques et rempliront les lacunes; mais elles ne changeront point
« les places des époques que nous avons assignées. Nous avons
« réduit ainsi à cinq règnes seulement l'histoire chronologique
« de la nature dans les substances calcaires, pour ne pas nous
« exposer à multiplier les anachronismes en multipliant les
« époques. Tous les faits subalternes intermédiaires seront un
« jour développés et rangés les uns à côté des autres selon
« l'ordre des temps, comme on distingue, dans l'histoire civile
« des empires, celle d'un roi d'avec son successeur. »

En résumant la chronologie des êtres organisés, le judicieux abbé établit : « 1° Que les plantes inconnues renfermées dans « les ardoises les plus anciennes et les coquillages marins ren- « fermés dans les marbres primitifs ont occupé les premiers « l'empire des mers et des terres; 2° que les plantes aquatiques « des bords de la mer ont existé avant celles des continents, « puisque les *ardoises premières* offrent des espèces de joncs; « 3° que les animaux marins à coquilles ont vécu avant les « autres; 4° que parmi les coquilles il y a des familles qui ont « existé avant d'autres; qu'il s'éteignit même diverses familles « et qu'il s'en éleva plusieurs autres secondaires; 5° que parmi « les végétaux, comme parmi les animaux (1), la nature a multi- « plié leurs familles, qu'elle a toujours perfectionnées de plus « en plus en opérant d'abord le plus simple et ensuite le plus « composé; 6° que les arbres, les oiseaux, les quadrupèdes et « l'homme ont dû exister après tous les ordres précédents, « puisque leur subsistance suppose celle de plusieurs autres êtres « qui leur ont été nécessaires pour vivre sur la surface de la terre.

« Si ces observations, que j'ai faites en Vivarais, sont con- « firmées dans d'autres provinces, il en résultera une histoire « chronologique des animaux fossiles et vivants, établie par des

(1) Il y a dans le texte *minéraux*, évidemment par erreur, aucun de ces paragraphes ne faisant allusion aux corps inorganiques.

« faits incontestables. » Nous n'insisterons pas sur l'accord que signale Giraud-Soulavie entre ces données de l'observation et les récits de Moïse; il fallait encore, à ce moment, voiler et même déguiser la vérité pour la faire accepter et n'être point inquiété.

Considérant ensuite les fossiles, non plus par rapport à l'ancienneté des couches, mais relativement à leurs caractères organiques et à leur origine, le savant abbé oublie tout à fait sa réserve habituelle et se laisse entraîner par les idées de de Maillet à admettre la transformation des animaux marins en animaux terrestres. Il se prononce énergiquement contre la possibilité que le déluge biblique ait occasionné le dépôt des fossiles, mais il admet que ses eaux ont pu couvrir les plus hautes montagnes et il croit aussi que les diverses couches ont pu se déposer sur des plans fort inclinés.

Dans le second volume de son ouvrage, il traite des volcans et des basaltes. Le troisième comprend l'histoire naturelle du Vélay, la description de ses volcans anciens, des calcaires et des gypses des environs du Puy, etc. La coupe qu'il donne du terrain houiller de Saint-Jean-de-Valeriscle est fort bien détaillée (p. 322). On y voit 37 couches différentes superposées dans la hauteur de la montagne qui est coupée à pic et dans l'intérieur de laquelle on a poussé douze galeries pour y suivre les couches. Il y en a 9 de charbon, alternant avec des grès, des poudingues et des schistes, offrant des empreintes de fougères qui ne vivent plus dans le pays, mais dont les analogues existeraient en Amérique, puis 9 assises de roches quartzeuses ou arénacées et 17 de schistes divers.

Le volume IV est consacré à la chronologie des volcans éteints de la France centrale, sujet traité d'une manière très-remarquable pour ce temps. L'auteur y distingue six époques d'éruption, étudie ensuite les formes géométriques des prismes basaltiques, passe à l'histoire naturelle de la Méditerranée, mentionne les environs de Bugarach, dans les Corbières, à cause des fossiles qu'on y trouve (p. 357), et étend ses recherches jusqu'aux anciens produits ignés de la Catalogne. Dans le cinquième, il revient sur les caractères physiques des côtes de la Méditer-

ranée, examine les parties adjacentes des Albères au Sud et du delta du Rhône au Nord, décrit les environs de Montpellier, de Nismes, et se trouve ramené à parler encore de ses calcaires primitifs. Dans l'histoire naturelle du Gévaudan, qui occupe le volume VI, les dépôts que nous désignons aujourd'hui sous le nom de lias sont fort bien indiqués partout où ils existent, puis viennent les calcaires des environs de Mende et la région schisteuse et granitique du même pays.

Enfin, le volume VII renferme diverses lettres sur des sujets d'histoire naturelle, la description des environs de l'Argentière et une correspondance avec l'abbé Roux, qui s'appuyait sur les idées de Rouelle. Dans ses répliques, Giraud-Soulavie expose clairement, et, à ce qu'il nous semble, pour la première fois en France, les vrais principes de la paléontologie stratigraphique, en faisant voir que les fossiles diffèrent par leur âge et la superposition des couches qui les renferment, et non suivant les divers lieux géographiques où on les rencontre, ainsi que cela résulterait de la disposition des *amas* de Rouelle (*antè*, p. 265), si vantée par Desmarest qui avait adopté aussi les expressions d'*ancienne* et de *nouvelle terres*.

« Il est certain, dit l'abbé Soulavie (vol. VII, p. 156 des « *Lettres*), que telle contrée contient une plus grande abon- « dance de telle espèce de coquilles; mais cette différence ne « dépend pas de la variété du site dans un tel lieu, ni de tel « centre, ni de tel autre placé ici ou là, mais de la différence « de l'époque de formation des carrières. Ainsi, la mer ne « nourrissait plus des Ammonites, précisément parce qu'elle est « aujourd'hui à Marseille et qu'elle n'est plus en Vivarais, où « il y a des Ammonites pétrifiées, mais elle n'en produit plus « parce que ces coquilles appartiennent à d'autres époques ou « à d'autres climats. La différence des coquilles dans les pierres « est établie sur la différence d'antiquité et non sur la différence « locale; et, quand même une chute de terrain précipiterait le « Bas-Vivarais au-dessous de la Méditerranée, il ne suit pas de « là que cette mer, refluant de ce côté-là, produisît les an- « ciennes coquilles qu'elle produisait alors; la succession des

« temps a fait perdre les espèces; aussi n'en voit-on pas dans « les pierres plus récentes.

« Or, on doit appeler pierre calcaire plus ancienne celle qui, soit « qu'elle existe sur les plus hautes montagnes, soit inférieure« ment, ne connaît aucune autre espèce de pierre calcaire au« dessous d'elle, mais qui est la base de toutes les autres. Après « celle-ci vient une autre qui lui est posée dessus, et enfin la der« nière de toutes est celle que la mer a formée tout récemment « et même qu'elle forme encore, car les pierres coquillières, par « exemple, qui ont été employées pour bâtir les remparts de « Montpellier sont visiblement une pierre de formation très-ré« cente, à laquelle on ne peut comparer cette chaîne de monta« gnes calcaires du Jura et des Cévennes, que je regarde comme « la plus ancienne de toutes les pierres calcaires du monde. »

Si l'on se reporte au temps où l'abbé Soulavie écrivait et que l'on tienne compte des pays qu'il avait étudiés, on trouvera cette dernière manière de voir suffisamment justifiée. Ainsi, à quelques égards, l'auteur de l'*Histoire naturelle de la France méridionale* pourrait être regardé comme le continuateur de celui de *Telliamed*. Il en a les qualités comme observateur, avec moins d'originalité sans doute, mais avec plus de suite dans des recherches limitées à une région déterminée. Il avait plus que Guettard le sentiment de la géologie stratigraphique, une idée très-exacte de la succession des êtres organisés dans le temps qu'il a formulée le premier avec des exemples à l'appui; mais on peut dire qu'il écrivait aussi mal, ce qui, à la fin du XVIII[e] siècle, était un tort, même pour un savant. Quoi qu'il en soit, nous pensons que l'on n'a pas rendu à l'abbé Soulavie toute la justice que ses travaux méritaient; il a été un de ceux que l'opinion générale déshérite sans qu'on sache pourquoi. Puissent ces quelques lignes engager les naturalistes qui s'occupent particulièrement des Cévennes et de leurs versants oriental et méridional à ouvrir son livre! Ils y trouveront certainement des renseignements utiles.

Dans un mémoire sur les mines de charbon de ce pays et sur la double empreinte des feuilles de fougères qu'on trouve dans

leurs schistes, J. C. Bruguières (1) a repris la question déjà traitée par Lhwyd et Woodward en Angleterre, par Scheuchzer pour l'Allemagne et la Suisse, par Ant. de Jussieu en France, lorsqu'il s'occupa des schistes houillers de Saint-Chamond. Ce dernier, sans l'avoir complétement résolue, s'est cependant approché davantage de la vérité que ses prédécesseurs. Quant à Bruguières, il fait remarquer que la face inférieure des feuilles, celle qui porte les fructifications, est, par suite de sa plus grande porosité, pénétrée de la matière de la roche enveloppante et ne se détache jamais de celle-ci. Il en résulte que l'empreinte en relief des fougères doit être la substance même de la feuille à l'état fossile, devenue charbonneuse ou pénétrée par les parties les plus fines du schiste. Il n'y a donc, à proprement parler, qu'une seule empreinte, c'est celle qui est en creux et qui présente la face supérieure de la feuille ainsi conservée.

Après avoir étudié les plantes fossiles des diverses exploitations des Cévennes, l'auteur pense qu'elles diffèrent souvent dans chacune d'elles; puis, s'occupant plus particulièrement des fougères, car les végétaux rapportés à des bambous, des bananiers, des palmiers-dattiers et à des troncs d'arbres sont d'une détermination plus douteuse, il a pu distinguer 3 espèces de fougères caractérisées par de Jussieu, 4 décrites et figurées dans l'*Herbarium diluvianum* de Scheuchzer, et 3 dont les analogues vivraient encore à Madagascar.

Des empreintes de poissons et même d'ophidiens existeraient, suivant lui, avec les plantes; quant aux coquilles citées dans des grès, il est probable qu'elles appartenaient à l'étage inférieur du lias des environs.

Pour Bruguières, ces couches à empreintes végétales résultent d'un dépôt régulier, lent, dont les plantes ont vécu à peu de distance de la côte et à une faible hauteur au-dessus du niveau de la mer, comme les plantes des continents actuels. Il n'y a d'ailleurs aucune analogie entre la disposition générale qu'affectent ces empreintes et celles que l'on trouve dans des tufs

(1) *Journ. d'hist. naturelle*, vol. I, p. 109; 1792.

modernes; aussi rejette-t-il l'opinion de de Jussieu, qui supposait, comme on l'a vu, que les plantes avaient été apportées par des courants des climats éloignés où elles croissaient, ce qui aurait certainement altéré et détruit tous les caractères si bien conservés qu'on leur trouve encore. En résumé, ces couches ont été formées au fond de la mer avec les détritus des végétaux apportés des terres voisines par les cours d'eau.

Marcel de Serres (1), après avoir rappelé que dès 1724 Ant. de Jussieu avait signalé à la Mosson, non loin de Montpellier, des restes d'Hippopotame, consistant en une tête et des pieds, décrivit à son tour des débris de Rhinocéros, d'Hippopotame et d'Éléphants provenant d'une petite vallée parallèle à la précédente, et enfouis, à ce qu'il semble, dans un gravier quaternaire. D'Hombres-Firmas (2) a donné un *Essai sur les pétrifications, et en particulier sur celles qui se trouvent à Sauvages, près d'Alais* (Gard). Ce sont des Gryphées, des Bélemnites, des polypiers siliceux dans des bancs de calcaires compactes gris.

Ferlus s'est aussi occupé des fossiles des Bains-de-Rennes (*Journ. d'Hist. nat.*, n° 12, p. 463) et Lemonnier des échinides de Bugarach (Aude).

Provence. Darluc, médecin et professeur de botanique à Aix, s'est montré, dans son *Histoire naturelle de la Provence* (3), zoologiste et botaniste descriptif assez exact, faible minéralogiste, mais point du tout géologue ni paléontologiste. Il attribue encore à l'espèce humaine certains ossements trouvés dans les roches gypseuses des environs d'Aix, malgré ce qu'en avait déjà dit Guettard, et il en attribue d'autres à des animaux marins (vol. I, p. 45). En regardant le gypse du pays comme une formation marine (p. 50), il se montre moins judicieux que P. de Lamanon. Il donne (p. 80) une description succincte des lignites de Gardane, de Memet, de Greasque, de Fuveau, pris toujours pour de véritable houille. Cette dernière substance est

(1) *Journal de phys.*, vol. LXXXVIII, p. 382, 1819, mém. présenté à l'Acad. des sciences le 7 août 1816.

(2) *Ibid.*, vol. LXXXIX, p. 247, 1819.

(3) 3 vol. in-8. Avignon, 1782-86.

d'ailleurs indiquée à 2 lieues au nord de Fréjus (vol. III, p. 320), et son gisement décrit sommairement.

Dans le second volume de son ouvrage, Darluc désigne encore les minéraux par l'expression de *fossiles;* il appelle primitives toutes les montagnes qui s'élèvent depuis la Méditerranée jusqu'aux limites du Dauphiné, et l'on ne peut disconvenir, dit-il (p. 265), que ces montagnes n'aient été créées originairement avec le globe. Sa manière de distinguer les montagnes en *primitives* et *secondaires* est mal comprise et de beaucoup inférieure à ce qu'écrivait un peu auparavant l'abbé Soulavie sur les terrains de la rive droite du Rhône.

Dans un *Mémoire sur la nature et la position des ossements trouvés à Aix dans un rocher* (1), P. de Lamanon a rappelé d'abord que Hoppelius, cité par Henckel dans sa *Flora saturnisans*, rapporte que, vers 1583, on trouva au milieu d'un rocher que l'on avait fait sauter, près de la ville, un cadavre humain pétrifié, assertion qui fut reproduite sans commentaires par tous les auteurs venus ensuite. Le 28 janvier 1760, on rencontra également, dans la pierre, près de l'hôpital général, les ossements décrits par Guettard (*antè*, p. 292) qui y avait reconnu des restes de poissons.

Ceux-ci, dit Lamanon, se montrent dans la couche appelée *feuillette*, tandis que c'est plus bas, dans un calcaire très-dur, gypseux, qu'ont été observés les ossements. Ceux qu'il a décrits d'abord proviennent de tortues qu'il désigne par l'expression de *Chelonelithes aquensis anomites maximè arcuatus*, et qui sont les premiers signalés en France. Les os attribués au squelette humain proviennent de quadrupèdes mammifères. Quant à leur gisement en général, de Lamanon le regarde comme très-analogue à celui des plâtrières des environs de Paris. Ce rapprochement, fait il y a plus de 80 ans, est très-juste et a été confirmé par les recherches les plus récentes. Nous reviendrons plus loin sur la théorie générale de l'auteur relativement à la formation des dépôts gypseux.

(1) *Journ. de phys.*, vol. XVI, p. 468; 1780.

Ramatuel a donné en 1792 une coupe détaillée des mêmes collines gypseuses. Il a décrit les bancs et les caractères pétrographiques de chacun d'eux, signalé les coquilles dans les assises supérieures et des ossements avec des restes de carapace de tortues marines à 20 toises au-dessus du second banc de gypse exploité. Les Huîtres à grand talon ou *Huîtres à manche de violon*, comme on les appelait alors, s'observent, plus bas, à côté de la route de Marseille, au niveau du cours de la ville. Les poissons des marnes feuilletées sont tous posés à plat, et l'auteur les rapporte à des Goujons voisins des cyprinoïdes. Le fossile qu'il mentionne, en lui assignant 12 pieds de long sur 2 de large et 2 1/2 d'épaisseur, semble provenir d'un tronc de palmier aplati.

C'est vers ce même temps que de Saussure parcourait la Provence, le Vivarais et le Dauphiné, et nous avons reproduit quelques-unes de ses remarques les plus importantes (*antè* p. 72-74). Plus récemment Ménard de la Groye (1) s'est occupé des roches ignées de Beaulieu (Bouches-du-Rhône) et A. Risso a donné des *Observations géologiques sur la presqu'île de Saint-Hospice, près de Nice* (2). Il a décrit l'aspect physique du pays, la côte et la baie de Villefranche, et, dans son résumé, il distingue trois formations principales comme constituant cette petite région, fort intéressante d'ailleurs. La première de ces époques, en allant de bas en haut ou des plus anciennes aux plus nouvelles, correspond au dépôt des calcaires compactes à grain fin qui sert de base à tous les autres systèmes de couches. On n'y trouve point de fossiles; c'est le moins dérangé dans sa stratification et le moins altéré par les agents extérieurs.

Pendant la seconde époque, l'Océan ayant changé de nature, des roches différentes se sont déposées; il a nourri une immense quantité de corps organisés dont les analogues n'existent plus, mais qui présentent dans leur apparition un ordre de succession évident. Ainsi on trouve : 1° le calcaire marneux à

(1) *Journ. de phys.*, vol. LXXXII, p. 149; 1816.
(2) *Journ. de phys.*, vol. LXXVII, p. 197; 1813.

Gryphites (1); 2° la marne chloritée enveloppant le grand amas de Bélemnites, d'Ammonites, etc.; 3° le calcaire grossier avec Nummulites, Orbitolites, Pecten, etc. Le calcaire à Gryphites, élevé à plus de 2000 mètres dans la montagne, a été très-dérangé dans sa stratification; ceux qui renferment des Bélemnites et des Nummulites sont au contraire plus réguliers et peu inclinés.

Pendant la troisième époque, la mer ne nourrissait plus que des animaux semblables à ceux qui vivent actuellement dans la Méditerranée; elle semble avoir formé deux dépôts distincts: la lumachelle de la pointe méridionale de la presqu'île, puis les sables de l'anse de Groseuil, où Risso a recueilli 101 espèces de coquilles, crustacés et polypiers ayant leurs analogues vivants sur la côte; aussi se demande-t-il si ces derniers sédiments, de 5 mètres d'épaisseur, n'appartiendraient pas aux temps historiques.

Il semble qu'après les mémoires de Guettard sur le Dauphiné, on ne devait pas s'attendre à voir de longtemps reprendre ce sujet aux mêmes points de vue; cependant, Faujas de Saint-Fond, à qui Scheuchzer aurait pu appliquer ce qu'il disait des naturalistes allemands, ne tarda pas à commencer aussi sur ce pays une publication qui devait avoir quatre volumes et qui paraît s'être arrêtée au premier. L'*Histoire naturelle de la province de Dauphiné* (2) comprend une douzaine de chapitres sur les sujets les plus divers et les plus étrangers les uns aux autres. Dauphiné.

Dans celui qui traite *De quelques corps marins pétrifiés de la classe des coquilles* (p. 295), l'auteur signale, comme ses prédécesseurs, dont il ne fait d'ailleurs aucune mention, les environs de Clansaye et de Saint-Paul-Trois-Châteaux, puis il décrit et figure des *Échinites* (*Scutella* et *Schizaster*), des *Pecten* et des Balanes. Plus loin (p. 337), il donne un premier mé-

(1) Le mot *Gryphite* était souvent employé alors pour désigner la *Gryphée arquée* du lias, mais ici il s'applique évidemment à la *G. colombe* de la craie tuffeau.

(2) In-8. Grenoble, 1781.

moire sur divers os fossiles trouvés dans le pays, aux environs de Montélimart, de Saint-Paul-Trois-Châteaux (dans les couches marines tertiaires), de Saint-Vallier, de Vienne, etc. C'est un travail sans importance et qui ne doit pas nous arrêter plus longtemps.

Tarentaise. En 1807, Brochant de Villiers (1), après avoir étudié les Alpes de la Tarentaise, sépara du terrain primitif certaines roches qu'on y avait comprises jusque-là et les rangea dans le terrain de transition. Mais cette tentative, tout estimable qu'elle fût, devait être aussi peu fructueuse au fond que celles de Palassou, de Ramond et de Picot de Lapeirouse dans les Pyrénées, parce qu'elle manquait d'un véritable point d'appui, les caractères minéralogiques et stratigraphiques étant ici complétement insuffisants pour une classification rationnelle et définitive. Il aurait fallu pouvoir déterminer la limite du terrain secondaire au-dessus pour être en droit de dire que l'on avait certainement sous les yeux le terrain de transition de Werner; mais c'est ce que l'on ne pouvait guère affirmer alors, et, depuis, la plus grande partie de ces roches séparées du terrain primitif ont dû être rapportées au terrain secondaire.

Quant aux mémoires et aux rapports de Dolomieu, faits la suite de deux excursions dans les Alpes, ils ne nous apprendraient absolument rien sur les sujets qui nous intéressent.

§ 2. France centrale.

Nous réunirons sous ce titre quelques observations qui, sans appartenir exlusivement à la région centrale proprement dite de la France, ne pourraient pas être rapportées non plus à ses parties sud ou nord, au moins géologiquement.

(1) *Observations géologiques sur les terrains de transition qui se rencontrent dans les Alpes de la Tarentaise et autres parties de la chaîne.* Lu à l'Institut en mars 1807. — *Journ. des mines*, vol. XXIII, mai 1808.

On a déjà vu que les dépôts coquilliers ou *faluns*, si riches dans la Touraine, avaient attiré l'attention de Réaumur et de Buffon. Plus tard, un voyageur anglais, nommé Odanel, confia à Bruguières les notes qu'il avait recueillies à ce sujet et qui furent publiées par ce dernier (1). Les localités de Sainte-Maure, de Bossé, de Sainte-Catherine-de-Fière-Bois, de la Bosselière, où les faluns sont particulièrement exploités, sont décrites avec soin et exactitude. La Sauvagère, qui, dans ses *Recherches historiques*, avait parlé de ces dépôts sans les avoir vus, est vivement et justement critiqué pour avoir attribué leurs coquilles à une végétation spontanée; il est certain que le temps de ces rêveries était passé. Bruguières ne fait d'ailleurs aucune mention des recherches antérieures qu'il devait connaître. Enfin Veau de Launay s'est aussi occupé de ce sujet (2). Touraine.

De Gensanne (3), qui avait visité les environs de Doué, en donne une description qui n'est pas sans intérêt. « A deux « lieues de Saumur, près de la petite ville de Doué, il y a, « dit-il, un banc de coquillages très-étendu, presque sans « mélange de substances étrangères, la plupart entiers et bien « conservés. Ces faluns renferment un très-grand nombre de « coquilles de différentes espèces, des ossements de vertébrés « marins, des dents de Requins ou Glossopètres, des Our-« sins, etc. Toutes les couches sont disposées par ondes ré-« gulières, telles qu'une mer médiocrement agitée a dû les « arranger, à mesure que ces coquillages étaient déposés par « les testacés qui vivaient dans ces parages. Ce banc, qui a jus-« qu'à 60 ou 80 pieds d'épaisseur, est assis sur un fond de vase « noire qui constitue un des meilleurs engrais pour la culture « des terres. Les maisons du village souterrain de Soulanget « sont toutes taillées dans ces faluns, et les ouvertures supé-« rieures des cheminées se voient à fleur de terre; ce qu'il Anjou.

(1) *Journ. d'hist. naturelle*, vol. II, p. 34.
(2) *Journ. de phys.*, vol. LXI, p. 404; 1805.
(3) *Hist. naturelle de la province du Languedoc*, vol. II. — Discours préliminaire, p. 6; 1776.

« y a de plus singulier, remarque l'auteur, c'est que ces ha-
« bitations souterraines ne sont ni humides ni malsaines.
« Auprès des murs de Doué, continue-t-il, un amphithéâtre
« a été taillé par les Romains dans ce même banc de falun.
« Juste Lipse nous en a conservé un dessin très-exact ; nous
« l'avons confronté et trouvé très-conforme au plan que
« nous en avons levé sur les lieux avec toute l'exactitude pos-
« sible. »

Tous ces faits venaient confirmer les idées de d'Holbach, que le déluge universel n'avait point influé sur la formation des couches de la Terre, dont l'ordre, la succession régulière et la distribution également régulière des fossiles démontrent qu'elles se sont déposées d'après les mêmes lois que celles de nos jours, au fond ou sur le lit des bassins actuels.

Berry, etc.

La note de Gourjon de Laverne (1) sur l'ocrière de Moragne, située près de la Motte-d'Humbligny au nord-est de Bourges, nous apprend peu de chose, et les voyages minéralogiques de Monnet (2) en Auvergne sont complétement étrangers à notre sujet. Passinge (3) a signalé des dépôts d'origine lacustre à Espaly, au Puy et à Retournad (Haute-Loire), à Sury-le-Comtat, au nord de Roanne (Loire), de même que Ménard de la Groye, au nord-ouest du Mans, sur la route d'Alençon (Sarthe) (4).

Passinge (5) a publié une série de *mémoires pour servir à l'histoire naturelle du département de la Haute-Loire*, mais qui sont presque exclusivement minéralogiques.

Cotentin. — De Gerville.

Au fond du Cotentin, loin de tout centre scientifique, du Hérissier de Gerville, en rentrant de l'émigration, s'était consacré à l'étude des antiquités et de l'histoire naturelle de son pays natal, et, pendant plus de quarante ans, s'occupa de la recherche des fossiles qu'il renferme. Il réunit ainsi une riche

(1) *Journ. de phys.*, vol. XXXI, p. 11 : 1787.

(2) *Journ. de phys.*, vol. XXXII, p. 115, 179; 1788. — *Ib.*, vol. XXXIII, p. 112 et 321; 1788.

(3) *Journ. des mines*, vol. VI, p. 813.

(4) *Ann. du Muséum*, vol. XV, p. 380; 1810.

(5) *Journal des mines*, vol. VII, p. 117, 181, etc.; 1797-98.

collection provenant de terrains très-variés, qu'il fit connaître par deux lettres adressées à M. Defrance, en 1814 et 1817 (1). Nous suivrons l'ordre de haut en bas que l'auteur a adopté dans la seconde de ces lettres, et qui est l'ordre naturel des couches, bien qu'il ne semble pas encore lui accorder une grande confiance, comme il l'avoue lui-même (p. 212).

Les *carrières de tuf* de Sainteny, de Motier-Saint-Georges, de Saint-André-de-Bouhon, d'Auxais, de Saint-Sébastien, de Saint-Germain-le-Vicomte, sont ouvertes au niveau des marais, entre celui de Saint-Georges et ceux de la Taute, dans une pierre qui ressemble à un falun pétrifié ou consolidé en masses irrégulières discontinues, renfermant une prodigieuse quantité de coquilles et de polypiers très-variés. La position et l'âge absolu de ces dépôts tertiaires, les plus récents du pays, ne sont pas d'ailleurs très-bien déterminés.

Le *banc à Turritelles* est peu étendu dans la paroisse du Hasse, près de Montebourg, etc. Il est rempli de Troques, de Turritelles, de Cérites, et renferme beaucoup d'oolithes.

Le *banc à Cérites* est pour l'auteur l'analogue du calcaire grossier de Grignon, par l'abondance et les espèces de fossiles qu'on y trouve, surtout du genre Cérite. Les lambeaux séparés qu'il forme s'étendent de l'E. à l'O., de Saint-Sauveur-le-Vicomte à Gourbesville. Ce sont les *marnières* ou *marlières* du pays, composées de sable calcaire, de coquilles brisées. Dans la seconde lettre, de Gerville réunit ces trois bancs, sous la désignation générale de *faluns*, dont il distingue alors 3 variétés, et annonce y avoir recueilli 850 espèces fossiles dont il indique le nombre dans chaque genre.

Le *banc à Baculites* semble border plusieurs dépôts de faluns qui le recouvrent, comme on l'observe dans les exploitations souvent temporaires de Gourbesville, d'Aufreville, d'Orglandes, de Fréville, d'Hauteville et de Néhou. Dans d'autres communes, le calcaire compacte n'a pas plus de 1 pied d'épais-

(1) *Lettres de M. du Hérissier de Gerville à M. Defrance.* (*Journ. de phys.*, vol. LXXIX, p. 16, 1814, et vol. LXXXIV, p. 197; 1817.)

seur. Outre les Baculites, qui y sont le fossile le plus abondant et dont l'auteur signale 3 espèces, il mentionne une Ammonite, un Nautile, des Térébratules, des polypiers, etc., en tout 178 espèces.

Le *banc à Nautiles*, particulièrement observé aux environs de Bayeux (Calvados), se compose de calcaire à gros grains et de calcaire compacte. Celui-ci est blanchâtre, assez tendre, à grain fin, et renferme peu de fossiles, tandis que le premier, d'un jaune sale, peu solide, rempli d'oolithes ferrugineuses, renferme une prodigieuse quantité de débris organiques (Ammonites, Bélemnites, Nautiles, Térébratules, *Trochus*, *Turbo*, Cérites, etc.), dont l'auteur a pu distinguer 107 espèces.

Le *banc à Bélemnites*, suivant de Gerville, serait tellement associé au suivant, avec lequel on le trouve en contact, qu'il a hésité à l'en séparer; néanmoins on peut l'en distinguer par la nature du calcaire. Il s'étend sur le territoire de cinq ou six communes situées au nord-est, et est terminé d'un côté par une zone du *banc à Gryphites* contre le Grand-Vé, s'étend sur la pointe la plus élevée de Sainte-Marie-du-Mont, de Vierville, etc., jusqu'à Sebville et Corquebu. Dans le département du Calvados il s'observe à Tilly et à Vieux-Pont. Malgré la distinction qu'il établit et qui est très-fondée, l'auteur croit que les fossiles de ce banc, dont il signale 60 espèces (Bélemnites, Ammonites, Nautiles, Térébratules, Entroques, etc.), sont les mêmes que ceux du suivant.

Le *banc à Gryphites* est plus étendu qu'aucun autre banc coquillier du pays. Il occupe le canton de Sainte-Mère-Église tout entier et plusieurs communes de ceux de Montebourg et de Carantan. De Gerville mentionne tous les points où il l'a observé, renfermant des Gryphites et des Ammonites à double sillon. Les couches sont généralement horizontales, quelquefois inclinées de 10°. Au four à chaux de Blosville, où on le voit au contact du précédent, l'inclinaison change brusquement. Dans le département du Calvados, ce banc existe à Épinay, à Tesson, à l'ouest de Litry et à Longeau. 45 espèces de fossiles, particulièrement des Ammonites, y sont signalées.

Le *banc à Pectinites*, connu sous le nom de *carreau de Valognes*, et qui constitue le sol de cette ville, s'observe aussi à Picauville, à Baute, à Coigny, etc. Les couches en sont partout horizontales et séparées les unes des autres par des lits de glaise bleuâtre. Les fossiles, quoique fréquents, entre autres les Peignes, y sont peu variés; une Ammonite est indiquée à Baute; il n'y a point de Bélemnites. L'auteur y mentionne en tout 39 espèces.

Sous la désignation des lettres E et F, de Gerville indique ensuite des grès coquilliers assez répandus dans les arrondissements de Cherbourg et de Valognes, puis les calcaires marbres des carrières de Surtainville, de Pierreville, de Saint-Germain, de la Haye-du-Puits, de Montgardon, du havre de Surville, de Breuville, des environs de Coutances, de Néhou et de Saint-Sauveur, au sud de Valognes; il indique des Trilobites entre Briquebec et Cherbourg, et, plus au sud, décrit les calcaires de Bahais, de Cavagny, de Moon, sur les bords de la Vire, au nord de Saint-Lô, etc. Outre les Trilobites, les Térébratules, les polypiers, les Entroques, une Calcéole, etc., ont permis de reconnaître 27 espèces fossiles tant dans les grès que dans les calcaires.

En résumé, de Gerville avait, en 1817, rassemblé et distingué 1427 espèces de fossiles invertébrés, réparties dans 10 terrains différents et caractérisés, pour la plupart, par le nom du genre de fossile qui y dominait. Trois divisions du terrain tertiaire, la craie, l'oolithe inférieure, trois divisions du lias, les grès et les calcaires de transition sont des coupes très-judicieusement tracées, entre Bayeux, Coutances et Cherbourg. A ce moment, aucune province de France ne pouvait se flatter de présenter un bilan paléozoologique, stratigraphique et géographique aussi varié et aussi complet. C'est ce qui nous fait regarder ces lettres de de Gerville comme le travail le plus original et le plus avancé que l'on ait encore exécuté dans cette voie. Cependant il n'eut aucun retentissement et ne fut cité nulle part, ce qui paraît tenir à la manière dont l'auteur a présenté les faits, n'ayant lui-même aucune confiance dans l'ordre où il décrit ses

bancs, quoique cet ordre fût parfaitement exact, comme l'ont prouvé les observations subséquentes; en sorte qu'on peut dire que de Gerville ne se doutait pas du mérite de son travail, ce qui ne doit pas nous empêcher de le constater.

Si de Gerville n'a rien publié lui-même des richesses qu'il avait rassemblées, elles ont été extrêmement utiles à tous ceux qui s'occupaient de paléontologie et auxquels il les communiquait avec une libéralité et une bonne grâce qu'on serait heureux de rencontrer toujours chez les personnes qui s'occupent de collections locales.

Vendée. — Fleuriau de Bellevue.

On avait signalé depuis longtemps, sur la côte basse et marécageuse de la Vendée, au sud de Luçon et sur la commune de Saint-Michel-en-l'Herm, des bancs d'Huîtres, fort élevés au-dessus du niveau actuel de la mer et à une certaine distance du rivage. Masse, en 1715, le P. Arcère (1), en 1755, et plus tard, Cavolau (2), ont constaté que les Huîtres étaient disposées par couches. Fleuriau de Bellevue (3), qui a de nouveau étudié ces bancs, y a fait pratiquer des excavations pour s'assurer de ce caractère, et l'y a également reconnu. On remarque trois éminences principales, disposées en zigzag à 3000 toises de distance de la mer, élevées de 30 à 45 pieds au-dessus du niveau des marais environnants et dont la plus haute est à 62 pieds au-dessus du niveau qu'occupent les bancs d'Huîtres de nos jours. La plupart des coquilles sont pourvues de leurs deux valves, et reposent la grande en dessous, formant des bancs horizontaux, traversés et séparés çà et là par des amas peu épais et peu étendus de coquilles accumulées pêle-mêle. Fleuriau de Bellevue ne doute pas que les monticules ne soient parfaitement en place et de composition identique avec ceux qui se forment aujourd'hui au-dessous de la mer dans le voisinage. L'espèce d'Huître (*O. edulis*) et les autres coquilles qui s'y trouvent çà

(1) *Histoire de la Rochelle et du pays d'Aunis*, vol. I, p. 14; 1755.

(2) *Annuaire-statistique de la Vendée*, an XII, p. 33.

(3) *Observations géologiques sur les côtes de la Charente-Inférieure.* (*Journ. de phys.*, vol. LXXVIII, p. 401; 1814.)

et là mêlées sont celles qui vivent encore sur la côte. Les talus assez rapides et réguliers de ces sortes de digues flexueuses lui font penser que la mer les a abandonnées par un retrait subit de ses eaux. Mais il ne se prononce point sur la question de savoir si cet effet résulte d'un abaissement de l'Océan ou bien d'un soulèvement de la côte. A ce dernier égard, il fait remarquer qu'on n'en voit aucune trace dans les îlots voisins. Mais un soulèvement de 15 à 20 mètres, qui se serait produit lentement, dans une étendue de plage basse de 15 à 20 lieues de long, pourrait être inappréciable aujourd'hui sans des *témoins* de la nature de ces buttes coquillières. C'est d'ailleurs un fait à peu près semblable à celui que, dans le même temps, Risso signalait près de Nice, et dont l'analogie n'a pas non plus échappé à Fleuriau de Bellevue, qui le rappelle.

Provinces de l'Est.

Si nous nous reportons au nord-est de la France, nous aurons à mentionner seulement les études stratigraphiques auxquelles avaient donné lieu les exploitations de sel gemme de la Lorraine, qui, malgré les recherches de Guettard et de Piroux, n'ont pris un grand développement que par suite de travaux plus récents (1). On doit aussi à Graffenauer un *Essai de minéralogie alsacienne économico-technique* (2). Bien que les sources salées des environs de Vic fussent exploitées depuis longtemps, l'existence du banc de sel gemme qui les alimentait n'a été constatée qu'en 1819. Mathieu de Dombasle (3) annonça à cette époque que, dans un sondage, le sel gemme avait été atteint à 65 mètres du jour, et que le banc avait été reconnu déjà sur une épaisseur de 20 mètres divisée en trois parties par des lits d'argile.

A quatre myriamètres au sud-ouest de Mayence Beurard (4) découvrit dans des schistes des empreintes de poissons mouchetées de mercure sulfuré.

(1) Voy. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. VIII, p. 89.
(2) In-8 avec carte. Strasbourg, 1806.
(3) *Journ. de Phys.*, vol. LXXXIX, p. 395; 1819.
(4) *Journ. des mines*, vol. XIV, p. 409; 1803.

§ 3. France nord.

On a vu que Guettard et Lavoisier, qui avaient entrepris l'exécution d'un atlas minéralogique de la France, après des voyages déjà nombreux dans diverses provinces, et après avoir rassemblé beaucoup de matériaux importants, avaient abandonné ce travail, dont 16 cartes parurent en 1778. Monnet, qui fut chargé de le continuer, exécuta aussi plusieurs voyages à cet effet, et publia, en 1780, la première partie de l'*Atlas et description minéralogique de la France, entrepris par ordre du Roi*. Cette partie, composée de 31 cartes de détail et d'une carte d'ensemble, comprend le Beauvoisis, la Picardie, le Boulonnais, la Flandre française, le Soissonnais, la Lorraine allemande, une partie de la Lorraine française, le pays messin et une partie de la Champagne.

En marge de chaque carte se trouvent une ou plusieurs coupes de détails, soit locale ou d'une carrière, soit théorique et indiquant les principales masses de pierres qui s'observent dans l'étendue de la carte avec des désignations purement pétrographiques. Des signes minéralogiques dont l'explication se trouve aussi en marge indiquent la nature des pierres, les diverses substances minérales, les exploitations, etc.

On voit dans l'avant-propos (p. vij, viij et ix) que Monnet ne se faisait aucune idée de la succession générale ou de l'ordre des terrains; il ne trouve de différence d'un pays à un autre que par la roche de la surface. Il croit que les grandes chaînes de montagnes qui traversent les continents en se dirigeant, dit-il, ordinairement de l'un des quatre points cardinaux vers un autre, ne sont pas construites comme les autres, qu'il n'y a jamais de coquilles ni de pierres coquillières dans leur intérieur, qu'elles ne sont point composées de bancs ni de couches, mais de masses continues de granite ou de schistes graniteux fendillés en divers sens, tandis que les petites chaînes qui vont dans toutes

les directions, qui entourent les plaines et qui n'en diffèrent que par leur élévation, sont presque toujours le résultat de l'assemblage de coquilles, des parties provenant de la destruction d'anciennes roches ou des débris d'êtres organisés qui ont successivement habité la terre. Monnet rend d'ailleurs ici pleine et entière justice à Guettard, à qui revient, dit-il, la gloire de lui avoir montré le chemin et d'avoir été le premier à faire voir qu'on pouvait représenter les caractères minéralogiques d'un pays au moyen de signes conventionnels placés sur des cartes disposées à cet effet. Cependant il n'en critique pas moins les bandes sablonneuses, marneuses et schisteuses de son prédécesseur (p. 54), lesquelles, ainsi que nous l'avons dit, n'étaient nullement prouvées avoir leurs prolongements souterrains.

Les trois voyages publiés et que Monnet avait faits dans le Nord et l'Ouest, de Paris à Boulogne, dans les Flandres, puis vers Soissons, Reims et la Champagne, et enfin à l'est, dans la Lorraine, peuvent être encore consultés pour les détails locaux qu'ils renferment et qui sont fort exacts. Mais ils sont complétement dépourvus de toute idée théorique et systématique quant à l'arrangement des roches que l'auteur décrit avec tant de soin. Il y a joint une table des lieux cités dans le texte et une table des matières des substances mentionnées.

Monnet avait aussi exécuté plusieurs voyages minéralogiques dans d'autres directions, et particulièrement en Auvergne, mais sans aucun résultat fructueux pour la partie de la science qui nous occupe.

Bassin de la Seine. — Partie centrale.

Si maintenant nous restreignons nos considérations au bassin de la Seine et aux provinces qui l'avoisinent immédiatement, nous verrons que les environs de Paris, sur lesquels Guettard avait tant écrit, ne cessaient point d'attirer l'attention des naturalistes, qui marchaient toujours un peu au hasard et sans trop essayer de coordonner leurs découvertes.

Parlon (1), dans sa description de Montmartre, prend pour des os humains ceux que l'on avait trouvés dans les plâtrières

(1) *Journ. de phys.*, oct. 1780, p. 289.

de cette colline ; Pasumot (1), plus éclairé, figure et décrit des ossements et des dents provenant d'un quadrupède mammifère ; mais c'est à P. R. de Lamanon (2), l'un des infortunés compagnons de Lapeyrouse, que l'on doit les recherches les plus importantes. Il a d'abord relevé les erreurs de ses devanciers, rappelé les découvertes de Milien, de Morin et du P. Cotte, ce dernier ayant recueilli une mâchoire de mammifère dans les couches gypseuses de Montmorency, puis il a décrit à son tour les restes de mammifères, de poissons et d'oiseaux (3) dont il donne des figures. « On ne peut, dit-il ensuite, rapporter ces « ossements à aucun des animaux terrestres que nous connais- « sions, et il en est de même pour les animaux marins recueillis « dans la même colline. »

La théorie de Lamanon sur la formation des lacs qu'il appelle *secondaires*, distincts des lacs *primitifs* qui se seraient réunis pour former l'Océan, ne laisse pas que d'être assez obscure ; quoi qu'il en soit, c'est dans ces lacs secondaires que se seraient déposés les amas de gypse.

Dans le bassin de la Seine et entre les trois principaux cours d'eau qui durent se réunir, savoir : la Marne, la Seine et l'Oise, sont comprises les collines de gypse, s'étendant sur une longueur de 25 lieues avec une largeur variable. Cette masse énorme de pierre à plâtre repose sur des couches de pierre calcaire remplies de coquilles marines. La nature différente de ces deux pierres prouve qu'elles n'ont pas été déposées dans les mêmes eaux, et de plus on remarque qu'il n'y a point de coquilles dans le gypse qui renferme des ossements, tandis qu'il n'y a point d'ossements dans la pierre calcaire remplie de coquilles. Le gypse est tout à fait indépendant du calcaire sous-jacent qui était consolidé avant son dépôt, et le lac alimenté par les eaux de l'Aisne,

(1) *Lettre sur quelques ossements trouvés dans les carrières de Montmartre*, ib., vol. XX, p. 98, pl. 2; 1782.

(2) *Description de divers fossiles trouvés dans les carrières de Montmartre*, etc., *ib.*, vol. XIX, p. 173; 1782.

(3) *Ibid.*, vol. XXII, p. 309; 1783.

de la Marne, de l'Oise et de la Seine, tenait en dissolution le gypse, qui se déposa de manière à former une île entourée de pierre calcaire. Ce lac devait occuper à peu près l'espace compris entre ces quatre cours d'eau.

La carte jointe au mémoire de Lamanon représente l'étendue présumée du lac gypseux qui, dans l'hypothèse, n'est point assez prolongée à l'ouest vers Marines, ni au sud vers Antony ; mais cet essai n'en était pas moins remarquable pour le temps. L'auteur suppose qu'après l'écoulement des eaux du lac, son lit a été cultivé et habité par les hommes. Ce lit était plus considérable que celui du lac de Genève; il était, comme tous les lacs suisses, plus long que large, et sa première dimension était dans le sens de la rivière la plus importante.

De Lamanon décrit les alternances de gypse, de marnes et de marnes gypseuses en couches horizontales, parallèles, renfermant des coquilles qui ne vivent point dans la mer, qu'il prend pour des *Unio* et des Cyclades, et qu'il suppose exister encore dans la Seine, la Marne ou la Bièvre. Il mentionne également un Planorbe, et conclut que des coquilles d'eau douce peuplaient cet ancien lac. Quant à la formation du gypse, il admet que les eaux de la Marne apportaient le carbonate de chaux de la Champagne; la décomposition des pyrites de la craie fournissait l'acide sulfurique, qui, réagissant sur le carbonate, se serait emparé de sa base. Cette hypothèse lui paraissait plus plausible que celle de Lamétherie qui attribuait le gypse à des émanations volcaniques.

Après l'écoulement des eaux du lac du côté de Meulan, ou vers l'ouest, les eaux pluviales ont sillonné son fond, les rivières ont creusé leur lit dans ces dépôts, et dès lors le pays a commencé à prendre l'aspect que nous lui voyons.

Des ouvriers des carrières ayant assuré à de Lamanon qu'ils avaient trouvé une clef en fer au milieu du gypse de Montmartre, que d'autres objets du même métal avaient été recueillis dans les mêmes conditions à Belleville et à Charonne, le savant naturaliste ne doutait point que l'homme, précédant la mise à sec du sol actuel de l'Ile-de-France, n'eût vécu sur les bords

du lac séléniteux, et n'eût connu dès ce temps l'art de forger le fer.

Les gypses des Sion, de Granges et des autres localités du Valais, ceux d'Aix et des autres points de la Provence, comme ceux de Brizembourg, près Cognac, auraient tous la même origine que la pierre à plâtre des environs de Paris.

De Lamanon a décrit aussi un os provenant d'un très-grand animal qu'il croit être un cétacé, et qui avait été trouvé à Paris dans une couche de glaise au-dessous de la rue Dauphine (1).

Partie sud.

Si nous nous éloignons un instant de cette ville vers le sud, nous verrons que, dans le même temps, l'abbé Giraud-Soulavie s'occupant de l'histoire naturelle des environs de Malesherbes (2), décrivait, mieux que ne l'avait fait de Lassone, les grès et les sables qui constituent la base des collines et des plateaux qui s'étendent de Milly à Étampes. Il signale au-dessus des grès une couche de pierre à fusil (c'est un grès lustré), en blocs irréguliers, surmonté d'une couche de calcaire qui recouvre le tout. Il croit avoir reconnu la présence d'une Bélemnite dans le grès, mais il n'est point frappé des caractères particuliers du calcaire lacustre. La description du grès quartzeux, parfois calcarifère, est d'ailleurs exacte. Après le dépôt de ces diverses couches, les plateaux furent sillonnés par les eaux pluviales, qui tracèrent les vallées actuelles, et la végétation vint recouvrir le sol.

Plus au sud encore, Defay (3) signale la découverte de nombreux ossements fossiles à Montabuzard, commune d'Ingré, sur la rive droite de la Loire, à une lieue d'Orléans. La carrière présentait la coupe suivante :

1° Terre végétale.	2 à 3 pieds.
2° Calcaire en petits fragments.	12 à 15
3° Calcaire en bancs continus.	5 à 6

C'est dans l'assise n° 3 que de 1778 à 1781 furent recueillis des ossements que l'auteur rapporte à l'Hippopotame, au Cerf,

(1) *Journ. de phys.*, vol. XVII, p. 393, pl. 2; 1781.
(2) *Hist. naturelle de la France méridionale*, vol. VI, p. 55; 1784.
(3) *La Nature considérée dans plusieurs de ses opérations, ou Mémoire*

au Cheval, avec des bois de Chevreuil, des dents ressemblant à celles qu'a figurées Buffon dans les *Époques de la nature* et que nous avons vues appartenir au Mastodonte, des os longs, des dents de ruminants et d'autres inconnues. Il croit, comme le grand naturaliste que nous venons de citer, que les espèces animales anciennes avaient des dimensions plus considérables que celles de nos jours.

Guettard (1) a figuré ensuite quelques-uns de ces fossiles; Faujas de Saint-Fond (2) s'en est occupé depuis, et Cuvier (3), en y reconnaissant les Mastodontes *angustidens* et *tapiroides*, une grande espèce de *Lophiodon* avec deux plus petites, le *Palæotherium aurelianense*, etc., croyait que la couche qui les renfermait était la même que celle qui, vers le centre du bassin, avait offert des restes de mammifères de ces deux derniers genres. Cette couche, passant ainsi sous les grès de Fontainebleau, serait venue affleurer sur les rives de la Loire. « Je ne « doute guère, dit le savant anatomiste, que ces bancs de calcaire d'eau douce ne passent sous les immenses lits de sable « et de grès sans coquilles qui constituent le fond de toute la « plaine de Beauce, et qu'ils ne se rattachent par conséquent à « cette ancienne formation d'eau douce dont nos plâtres de « Paris font partie. » Les données stratigraphiques n'ont pas réalisé ces prévisions.

Reportons-nous actuellement au nord du même bassin; nous y retrouverons encore l'abbé Soulavie décrivant les environs d'Ermenonville et y distinguant de haut en bas, à partir de la terre végétale : 1° un calcaire marneux avec des fossiles ; 2° le sable coquillier ; 3° des bancs de grès également coquilliers ; 4° des sables ; 5° un second calcaire avec fossiles ; 6° un troisième banc de sable ; 7° des sables ferrugineux sans coquilles; Partie nord.

et observations sur diverses parties de l'histoire naturelle, avec la minéralogie de l'Orléanais, in-8, p. 55; 1783.

(1) *Mémoires*, vol. VI. — *Mémoire* X, pl. 6 et 7, 1786.

(2) *Journ. de phys.*, vol. XLV, p. 445; 1794.

(3) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. III, p. 408. — Vol. V, p. 438

8° des sables blancs supportant le tout. Il donne une énumération des fossiles telle qu'on pouvait la faire alors, et fait remarquer leur bel état de conservation.

Plus loin dans cette direction, les mémoires de Poiret *Sur les tourbes pyriteuses du Soissonnais* (1), s'ils avaient été mieux appréciés, auraient pu prévenir les discussions que ces dépôts occasionnèrent un demi-siècle plus tard. Ces mémoires, en effet, non-seulement renferment d'excellentes observations sur la composition, l'origine, le mode de formation et les usages de cette substance, mais encore des appréciations fort justes sur leur position et leur âge. « Ces tourbes, dit-il (2), n'ont pas été « déposées par les eaux de la mer, mais dans les eaux douces, « à l'endroit où on les trouve aujourd'hui, ce qui est prouvé « par le banc de coquilles fluviatiles, placé entre deux couches de « tourbes. Des dépôts marins sont venus recouvrir cette tourbe « formée et précipitée dans des eaux douces; donc son existence « est antérieure à la présence des eaux de la mer dans ce pays. » Mais, n'ayant pas encore observé la tourbe pyriteuse *sous* les montagnes calcaires, il n'admet qu'avec réserve son antériorité à ces mêmes montagnes. F. Lemaître, dans son *Essai sur la topographie minéralogique du ci-devant district de Laon et d'une partie de celui de Chauny* (3), avait aussi étudié avec soin ces dépôts, connus dans le pays sous le nom de *cendrières;* mais il n'était pas certain non plus qu'ils passassent sous les plateaux calcaires, et cela parce qu'il ne retrouvait pas leurs affleurements au même niveau de l'autre côté des collines. Cette raison était beaucoup meilleure que toutes celles qu'ont données depuis les antagonistes de l'*antériorité;* cependant elle n'était pas concluante, parce que ces mêmes dépôts constituent des amas discontinus et non des couches suivies comme les sables et les calcaires qui les recouvrent. Quant à l'opinion de Coupé (4), qui

(1) *Journal de phys.*, vol. LI, p. 292; 1800. — *Ib.*, vol. LIII, p. 1; 1801. — *Ib.*, LVII, p. 249.

(2) 2e Mém., *loc. cit.*, vol. LIII, p. 17; 1801.

(3) *Journ. des mines*, an V, vol. VI, p. 853.

(4) *Lettre à Poiret* (*Journ. de phys.*, vol. LII, p 150; 1801).

pensait que les dépôts de lignites et les lits coquilliers qui les accompagnent sont postérieurs au creusement des vallées, adossés au pied des talus des couches régulières, et qu'ils résulteraient de l'entraînement par les eaux des parties supérieures, elle prouve que cet observateur les avait mal étudiés, et ressemblait en cela à ceux qui depuis ont marché sur ses traces.

Lavoisier.

Lavoisier, que nous avons déjà vu associé aux recherches de Guettard, prouva qu'il aurait pu être aussi bien un grand naturaliste que le premier de nos chimistes. Dans ses *Observations générales sur les couches modernes* (1) il distingue, sous le nom de *bancs littoraux*, les dépôts formés le long des côtes, et, sous celui de *bancs pélagiens*, ceux qu'il suppose avoir été formés à une certaine distance, sous des eaux plus profondes. Il fait voir les différentes natures de leurs sédiments, la différence des coquilles ou des autres productions marines qu'ils doivent renfermer, enfin quels sont les mouvements de la mer auxquels on doit les attribuer. Il admet que les diverses couches sont dues à de très-lentes oscillations du niveau des mers, lesquelles se sont reproduites un certain nombre de fois; d'où il résulterait, suivant lui, qu'une coupe des bancs horizontaux compris entre l'Océan et les hautes montagnes doit offrir une alternance de bancs successivement littoraux et pélagiens, composés de substances différentes. « Si l'on pouvait prolonger « cette coupe assez profondément pour atteindre l'*ancienne* « *terre*, expression de Rouelle, dont se sert ici l'illustre chi- « miste, on pourrait, dit-il, juger, par le nombre des couches, « du nombre des excursions que la mer a faites. Enfin, lorsque « les couches du fond ou du sol immergé étaient de nature « meuble comme des argiles et des sables, elles ont dû être fré- « quemment détruites par le retrait des eaux. »

A l'appui de ces idées, Lavoisier a donné des coupes fort exactes qui prouvent qu'il avait bien le sentiment de cette géologie stratigraphique si tardivement développée chez nous. Ce sont des coupes des environs de Villers-Cotterets, de la des-

(1) *Mém. de l'Acad. r. des sciences*, 1789, p. 350, pl. 7.

cente de Sèvres et de Saint Gobain à La Fère. Il les compare, fait voir leurs rapports, leurs différences et leurs dispositions générales au-dessus de la craie qui partout leur sert de base.

On doit donc reconnaître, dans ce mémoire de Lavoisier, la première ébauche d'une classification rationnelle du terrain tertiaire du bassin de la Seine. On y voit très-nettement indiquées les relations de la meulière supérieure, des sables et grès supérieurs, du calcaire grossier, des sables inférieurs, de l'argile plastique et de la craie. Il n'y manque que la distinction, fort importante d'ailleurs, du groupe lacustre moyen et du gypse qui se trouve compris ici avec le calcaire grossier.

Coupé.

Coupé (1), qui avait déjà donné un mémoire sur la pierre meulière, la marne et les coquilles d'eau douce qu'on y trouve, travail dans lequel, tout en commettant quelques méprises, il n'en a pas moins bien saisi les rapports des meulières supérieures, des argiles, des grès et des sables sous-jacents, puis décrit fort exactement, mais sans leur donner de nom, les petits corps désignés plus tard sous celui de *Gyrogonites;* Coupé, disons-nous (2), vint, 15 ans après Lavoisier, combler la lacune que ce dernier avait laissée. Sans doute, le style entortillé et les expressions baroques de l'auteur ont pu contribuer à le faire mal apprécier de ses contemporains et oublier par ses successeurs; mais nous devons ici tenir compte des faits, et nous allons voir qu'à travers la bizarrerie de la forme on découvre au fond des vues très-exactes.

« Le Parisis, dit-il, présente cinq *dispositions* distinctes qui « ont été placées successivement et par époques différentes « l'une au-dessus de l'autre. » Puis il énumère successivement la plus inférieure, qui est la craie, en masse continue et non divisée par lits, qui se fait distinguer encore par ses *coagulations siliceuses* noires, alignées, placées en cordons les unes au-dessus des autres (Bougival, Meudon), et dont on n'aperçoit que les parties les plus élevées. La *seconde* est une nappe de

(1) *Journ. de phys.*, vol. LIX, p. 161; 1804.
(2) *Ibid.*, vol LXI, p. 363; 1805.

glaise bleue (Gentilly, Issy, Auteuil). La *troisième* au-dessus est un ensemble de lits successifs qui composent les carrières de *pierre de taille*. La *quatrième* est la déposition gypseuse, composée aussi de lits de gypse, de glaises et de calcaires alternant et diversement mélangés, formant comme les précédentes un ensemble dont les éléments ont été déposés de la même manière. La *cinquième* est une nappe épaisse de sable fin, uniforme, blanc, recouvrant tout le pays. Coupé ne parle point ici de la meulière supérieure ni des argiles, mais il les avait décrites l'année précédente dans le mémoire que nous venons de rappeler, et l'on ne peut douter qu'il ne les considérât comme une *sixième disposition*.

Quant au mode de formation de la craie et à son âge relatif, l'auteur émet les idées les moins admissibles. Dans un mémoire subséquent, il la confond (1) avec les calcaires lacustres moyens de Champigny, d'Essonne et de Corbeil, qui n'en seraient qu'une modification. « Ainsi la craie ordinaire, celle de Meudon, par « exemple, en se semi-colliquéfiant, dit-il, a formé des nerfs de « réfrigération; tout cet ensemble s'entre-soutient et compose « des voûtes inébranlablement suspendues. » C'est-à-dire que la craie qui aurait été à demi liquide se serait consolidée plus tard, et la silice, au lieu de se trouver en rognons de formes définies et disposés par cordons, se serait alors irrégulièrement disséminée dans la pâte calcaire. Coupé mentionne aussi les fossiles de la véritable craie, fait remarquer leur état particulier de conservation, et pense que les silex qu'il appelle des *larmes siliceuses noires*, s'y sont consolidés ou, comme il dit, *colliquéfiés* et *coagulés* depuis son dépôt ou pendant ce qu'il appelle sa *subterranéation*.

Il passe ensuite à la description des *glaises bleues*, des *lits de pierres à bâtir*, qu'il désigne par l'expression imagée et assez juste de *pilé marin*, du gisement coquillier de Grignon, etc. La limite nord du *pilé marin* de Paris se trouve, suivant lui, au delà de Senlis, sur la route de Flandre, au bord de l'Oise, où la craie de Picardie commence à lui succéder.

(1) *Journ. de phys.*, vol. LXIII, p. 279, 1806.

Les dépôts de gypse et les marnes qui les accompagnent sont étudiés ensuite fort exactement. L'origine de la pierre à plâtre se trouverait, suivant l'auteur, fort éloignée du côté du nord et de l'est. Coupé ne semble d'ailleurs avoir eu aucune idée de la distinction des faunes suivant les diverses couches; car on le voit mentionner en même temps les reptiles de Maëstricht, des mammifères de Montmartre et ceux des dépôts de cailloux roulés ou diluviens. Il admet six divisions principales dans la hauteur de la butte Montmartre; elles sont bien justifiées par l'observation, et la dernière, celle des sables, « s'étend, dit-il, des bords de l'Oise à Fontainebleau, et même au delà, comme une vaste nappe de sable fin, pur et uniforme. »

Si l'on fait maintenant la part des hypothèses plus que hasardées sur l'origine de certains dépôts, de la bizarrerie de certaines expressions que semble affectionner Coupé, on reconnaîtra que sa classification est encore la plus complète que l'on ait donnée jusque-là. Et si nous la mettons en regard de celle de Lavoisier, on aura, en les combinant, les divisions les plus importantes du bassin de la Seine dans leurs vraies positions relatives. Nous substituerons, pour faciliter la comparaison, les désignations actuelles à celles des deux auteurs.

LAVOISIER, 1789.	COUPÉ, 1804-1805.
Calcaire lacustre supérieur (*meulière*).	Meulière supérieure et argiles.
Sables supérieurs (*de Fontainebleau*).	Sables supérieurs.
	Marnes, gypse et marnes gypseuses.
Calcaire grossier.	Calcaire grossier (*pilé marin*).
Sables inférieurs.	
Argile plastique et lignites.	Argile plastique.
Craie blanche.	Craie blanche.

Ainsi se trouvait établie, dès les premières années de ce siècle, la série générale des dépôts tertiaires depuis Villers-Cotterets et Compiègne, et même depuis La Fère et Saint-Gobain, jusqu'à Fontainebleau, Étampes et Malesherbes, comme depuis Courtagnon jusqu'à Gisors.

Malgré l'exactitude de ces résultats, ils ne portèrent point une conviction bien profonde dans les esprits, parce qu'ils ne repo-

saient pas sur des données assez complètes; ils n'étaient pas appuyés sur des preuves assez nombreuses, sur des études assez suivies, et la forme sous laquelle ils se présentaient, de même que les idées théoriques qui les accompagnaient, devaient également leur nuire. Il était réservé à deux savants plus spéciaux de donner aux dépôts tertiaires du bassin de la Seine une véritable célébrité par la variété et l'importance des faits qu'ils ont su y mettre en lumière, par l'impulsion que leurs travaux ont donnée à cette partie de la science, par les découvertes ultérieures qu'ils ont ainsi préparées. Nous devrons donc apporter dans l'examen de ce sujet une attention toute particulière que justifie la place qu'il occupe aujourd'hui dans l'histoire de la géologie et de la paléontologie stratigraphique.

Premiers travaux de G. Cuvier et d'Alex. Brongniart. — 1808.

En 1808, G. Cuvier et Alexandre Brongniart publièrent leur *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, en même temps dans le *Journal des Mines* (1) et dans les *Annales du Muséum* (2). Ils commencent par jeter un coup d'œil sur la géographie physique, ou mieux orographique, et sur les limites de ce qu'ils appellent le *bassin de Paris* (3), car les considérations hydrographiques qui se rattachent toujours aux formes du sol y sont complétement omises, ce qui est une lacune assez singulière dans la description physique d'un pays dont les cours d'eau tracent les divisions les plus naturelles. Ils terminent cet exposé en disant qu'on peut se représenter les matériaux qui composent le bassin tertiaire de la Seine comme ayant été déposés dans un grand espace creux, dans une sorte de golfe dont les bords et le fond étaient formés par la craie.

Ils divisent ces *matières*, pour nous servir de leur expression,

(1) Vol. XXIII, p. 421-458; juin 1808.

(2) Vol. XI, p. 293; 1808.

(3) Cette expression est inexacte; on dit le *bassin d'une rivière*, ce qui, physiquement, implique une idée juste; il n'en est pas de même du *bassin d'une ville* qui n'a aucun sens, si ce n'est pour exprimer les masses d'eau comprises dans son enceinte, comme on dit : le bassin du Havre, le bassin de Marseille, etc., et, dans un sens encore plus restreint, le *bassin des Tuileries*.

en *deux étages*. Le premier, qui recouvre la craie en remplissant le fond du golfe, se subdivise lui-même en *deux parties égales*, placées au même niveau et bout à bout, savoir : 1° le *plateau de calcaire siliceux non coquillier;* 2° le *plateau de calcaire grossier coquillier*. Le second étage, ou *gypso-marneux*, ne s'observe que par places ou *taches*, d'épaisseur et de composition différentes. « Ces deux étages intermédiaires, disent-ils « ensuite, aussi bien que les deux étages extrêmes, sont recou- « verts et leurs vides remplis par une cinquième sorte de ter- « rain, mélangé de marne et de silice que nous appelons terrain « d'eau douce, parce qu'il fourmille de coquilles d'eau douce seu- « lement. »

Nous donnons textuellement cette phrase, parce qu'elle semble résumer la pensée générale des auteurs et qu'ils l'ont reproduite dans leurs diverses éditions; mais nous avouerons qu'il nous est impossible de la comprendre et de la traduire autrement que par la disposition suivante.

Marnes et silex d'eau douce. . . .	Marnes et silex d'eau douce.
2e Étage. Gypso-marneux.	Gypso-marneux.
1er Étage. Plateau de calcaire siliceux non coquillier.	Plateau de calcaire grossier coquillier.
Craie.	Craie.

Cet Essai est divisé en 9 articles correspondant aux divisions géologiques suivantes, que nous rétablissons ici dans leurs positions naturelles relatives, de haut en bas, tout en leur conservant les numéros qui leur ont été assignés dans l'ordre de la description.

CLASSIFICATION DE 1808.

Article	9.	Formation	du limon d'atterrissement.
—	8.	—	du terrain d'eau douce.
—	7.	—	du grès sans coquilles.
—	6.	—	du calcaire siliceux.
—	5.	—	du sable et grès marin coquillier.
—	4.	—	gypseuse.
—	3.	—	du sable et du calcaire grossier.
—	2.	—	de l'argile plastique.
—	1.	—	de la craie.

Le *premier article* traite de la formation de la craie signalée à Meudon, à Bougival, etc., des lits de silex en rognons qu'on y observe, et indique 50 espèces de fossiles recueillies par Defrance, mais la plupart inédites. Les fragments de coquilles fibreuses pour lesquelles on créa depuis le genre *Inoceramus* n'avaient pas encore reçu de nom, et aucune trace de coquille de gastéropodes n'avait été observée.

La *formation d'argile plastique* recouvre partout la craie; elle atteint quelquefois jusqu'à 16 mètres d'épaisseur, et, par places, est réduite à quelques décimètres. Elle ne renferme aucune trace de corps organisés. Complétement distincte de la craie, elle a été déposée dans des circonstances entièrement différentes; leurs caractères chimiques comme leur stratification doivent donc les faire séparer entièrement.

Formation du sable et du calcaire grossier. Ce dernier ne repose pas toujours immédiatement sur l'argile, mais il en est séparé souvent par une couche de sable plus ou moins épaisse, sur les relations exactes de laquelle Cuvier et Brongniart restent cependant fort incertains. Les divers bancs calcaires se suivent dans un ordre déterminé, constant, de bas en haut. Quelques-uns manquent accidentellement, mais ceux qui persistent conservent entre eux la même position relative sur une étendue d'au moins 12 myriamètres.

Les espèces fossiles répandues dans chaque couche restent généralement les mêmes dans toute son étendue; mais elles diffèrent sensiblement quand on passe d'une couche à une autre. Ce caractère a servi aux auteurs pour les distinguer, puis pour les retrouver à de très-grandes distances. « C'est un signe de « reconnaissance, disent-ils, qui jusqu'à présent ne nous a point « manqué. » Aucun de ces fossiles n'existe dans la craie, mais la différence d'une de ces couches à l'autre est moindre que celle qui existe entre la craie et le calcaire, car cette dernière est complète.

Cuvier et Brongniart décrivent ensuite chaque assise du calcaire grossier. Les plus basses sont celles qui renferment le plus de débris organiques et les plus variés; ce sont aussi celles où

se trouvent les Camérines (Nummulites), soit seules, soit associées avec des polypiers et de nombreuses coquilles (Vaucienne, Chantilly, le mont Gannelon, le mont Ouin). En disant que dans tous les lieux cités, les couches calcaires sablonneuses remplies de coquilles succèdent immédiatement à l'argile plastique, superposée elle-même à la craie, on voit que dans cette région même, entre Villers-Cotterets et Compiègne, les auteurs de l'*Essai sur la minéralogie des environs de Paris* ont moins bien observé que Lavoisier, dont le nom ne se trouve d'ailleurs cité nulle part dans leur ouvrage.

A ces premiers bancs succèdent les autres assises du calcaire grossier des carrières des environs de Paris : le banc vert, la roche, le banc à Cérites, la rochette, etc., puis les marnes calcaires dures, les marnes tendres avec silex et cristaux de quartz, mais dépourvues de corps organisés.

Les fossiles du calcaire grossier ont été déposés lentement et ensevelis dans des couches régulières, distinctes où ils ne se sont pas mélangés. Tous diffèrent de ceux de la craie, et, à mesure que les couches se déposaient, les espèces changeaient; plusieurs ont disparu et de nouvelles se sont montrées, ce qui suppose une assez longue suite d'animaux marins. Enfin le nombre des espèces a toujours été en diminuant, jusqu'au moment où elles ont entièrement disparu.

La *formation gypseuse* est superposée au calcaire grossier, ainsi que l'avait dit Coupé, mais non immédiatement comme semblent ici l'admettre Cuvier et Brongniart, qui décrivent successivement, dans la colline de Montmartre, les trois masses de gypse, en signalant la présence des restes de vertébrés fossiles dans la première ou la plus élevée, désignée sous le nom des *hauts piliers*, à cause de ses divisions verticales grossièrement prismatiques. Ils pensent, avec de Lamanon, que ces assises se sont déposées et ont cristallisé dans des lacs d'eau douce. Ils mentionnent au-dessus les marnes blanches avec des troncs de palmiers changés en silex, des Limnées, des Planorbes, des marnes argileuses ou calcaires sans fossiles, des marnes jaunâtres feuilletées avec strontiane sulfatée et des lits minces rem-

plis de moules et d'empreintes de petites bivalves rapprochées des Tellines.

Les marnes argileuses vertes, sans débris organiques, mais très-constantes aussi et avec des géodes de strontiane sulfatée, sont surmontées de quelques lits également sans fossiles, que recouvrent les marnes jaunes avec des coquilles marines, un banc de grandes Huîtres et de marnes blanches renfermant des lits de petites Huîtres.

Les observations qui suivent, relatives à la direction des collines de gypse dues à la puissance de la pierre à plâtre, plus grande vers le centre qu'aux extrémités ou sur les côtés, est exacte quant à la partie du bassin que les auteurs considèrent.

La *formation du sable et du grès marin* recouvre généralement la précédente. Elle comprend des bancs de sable siliceux très-pur, souvent à l'état de grès, remplis de coquilles marines très-variées, et que les auteurs regardent comme appartenant aux mêmes espèces que celles du calcaire grossier de Grignon. On observe ces couches à Montmartre, à Romainville, à Saint-Prix, à Montmorency, à Longjumeau.

La *formation du calcaire siliceux* occuperait une position parallèle au calcaire marin, ne se trouvant ni au-dessous ni au-dessus, mais à côté, ou, comme on l'a dit, bout à bout. Elle semble en tenir la place dans la grande étendue qu'elle occupe à l'est et au sud-est de Paris. Placée aussi immédiatement au-dessus de l'argile plastique, elle est composée de calcaires tendres, blancs, gris ou compactes, pénétrés de silex celluleux et ne contient aucun fossile marin ou d'eau douce. Elle renferme des pierres meulières exploitées, et, aux environs de Fontainebleau, elle est surmontée de marnes argileuses, de grès sans coquilles et du terrain d'eau douce ou *huitième formation*.

La *formation du grès sans coquilles*, qui recouvre la précédente, n'a au-dessus d'elle que le *terrain d'eau douce*. Les auteurs décrivent les sables et les grès de la forêt de Fontainebleau et des environs, que de Lassone et l'abbé Soulavie avaient fait connaître, mais dont les noms ne sont point rappelés. Ils n'y ont pas observé de coquilles non plus qu'à Étampes, au sud et à

la butte d'Aumont au nord. Cette distinction des formations 5 et 7 ne s'est point trouvée justifiée, car ce ne sont en réalité que les deux parties d'un même tout, fossilifère sur un point, et sans fossiles sur d'autres. Coupé, suivant, comme il le dit, la même nappe de sable et de grès de Montmartre à Fontainebleau, n'avait pas fait cette faute. Quant aux sables de la butte d'Aumont qui leur sont ici associés, ils sont au contraire d'un âge très-différent.

La *formation du terrain d'eau douce*, qui paraît s'étendre sur toutes les autres, ressemble par sa composition au *calcaire siliceux* précédent. On y trouve également des silex meulières; mais il y a de plus beaucoup de coquilles d'eau douce, semblables en tout à celles qui vivent encore dans nos marais, et de petits corps ronds cannelés, désignés par de Lamarck sous le nom de *Gyrogonites*.

Enfin, la *neuvième formation* est celle du *limon d'atterrissement*, comprenant les cailloux roulés et le sable des vallées avec des ossements de grands quadrupèdes.

Tel est l'exposé de la première publication de Cuvier et de Brongniart, donnée par eux comme un extrait de leur travail complet, qui, présenté aussi à l'Institut, le 11 avril de la même année, ne parut dans les *Mémoires de la classe de physique et de mathématique* que trois ans après (1). D'assez nombreux changements y furent apportés dans cet intervalle, sans cependant qu'aucune mention en ait été faite par les auteurs; mais nous suppléerons à cette lacune en les signalant ici.

Après une *Introduction* qui est la reproduction littérale de celle de 1808, on voit qu'au lieu de 9 divisions ou *articles* comme ils les appellent, ils en proposent ici 11, arrangés dans un ordre différent, comme il suit :

CLASSIFICATION DE 1811.

11. Formation du limon d'atterrissement (ancien et moderne, cailloux roulés, sables, graviers, poudingues, etc.).
10. — du second terrain d'eau douce (marnes et meulières à coquilles d'eau douce).
9. — des meulières sans coquilles et du sable argileux.

(1) Vol. XI, année 1810, publié en 1811.

8. — du grès marin supérieur.
7. — du grès sans coquilles et du sable.
6. — des marnes marines.
5. — du gypse à ossements et du premier terrain d'eau douce.
4. — du calcaire siliceux.
3. — du calcaire grossier et de son grès marin.
2. — de l'argile plastique.
1. — de la craie.

La *formation de la craie* est décrite comme ci-dessus, avec quelques détails de plus et l'indication plus complète des fossiles. Dans celle de l'*argile plastique* sont distinguées les *fausses glaises*, où des fossiles sont signalés. Dans la description du *calcaire grossier et de son grès coquillier marin*, on retrouve d'abord la même incertitude quant aux sables de l'argile plastique, puis les mêmes détails, exactement reproduits jusqu'à la page 23, où se trouve ajoutée une petite liste de fossiles de chacune des trois divisions *inférieure*, *moyenne* et *supérieure*, ou *systèmes* introduits dans la formation. Or, d'après les auteurs, les deux systèmes supérieurs seraient quelquefois entièrement remplacés par des grès solides ou friables, blancs, gris ou foncés, remplis de coquilles bien conservées, mélangées parfois de cailloux roulés. « Tantôt, ajoutent-ils (p. 25), ces grès et les silex sont placés immédiatement sur les couches ou dans les couches du calcaire marin; tantôt ils semblent remplacer entièrement la formation du calcaire. En comparant les fossiles de ces grès avec ceux de Grignon, ils trouvent assez de différences pour les regarder comme ayant vécu dans des circonstances qui n'étaient pas absolument les mêmes.

On remarquera d'abord que précédemment Cuvier et Brongniart regardaient les coquilles du grès marin supérieur comme semblables à celles du calcaire grossier de Grignon, et qu'ici les fossiles des sables de ce même calcaire grossier sont au contraire différents de ceux de ce calcaire; ensuite ils citent la localité de Beauchamp comme l'une de celles où les grès *remplacent entièrement la formation calcaire*.

Cette manière de voir se comprend très-bien lorsqu'on examine cette localité, où les relations stratigraphiques étaient alors

assez obscures; mais ce que l'on conçoit moins, c'est que, depuis que l'erreur a été reconnue, quelques personnes, par un singulier contre-sens, se soient obstinées à désigner sous le nom de *grès de Beauchamp* ce grand ensemble de sable, de grès et de calcaire, aussi puissant que le calcaire grossier lui-même, et s'étendant presque autant que lui dans toutes les directions. Vouloir consacrer ainsi le souvenir d'une erreur, c'est être peu soucieux de la gloire du maître ; les continuateurs de Werner, en pareille circonstance, se montraient plus intelligents.

Le mélange de coquilles lacustres et terrestres avec les coquilles marines a été signalé aussi sur ce point, de même qu'à Pierrelay, par Gillet de Laumond et Beudant.

Le *calcaire siliceux* est maintenu au niveau du calcaire grossier; mais, plus conséquents que dans leur Essai de 1808, les auteurs le décrivent immédiatement après les sables et les grès dont nous venons de parler, tout en continuant de le placer *immédiatement au-dessus de l'argile plastique.*

Les articles 5 et 6, consacrés au *gypse*, à la *première formation d'eau douce et de marnes marines*, présentent toujours la pierre à plâtre placée aussi immédiatement au-dessus du calcaire marin, relations appuyées sur les mêmes motifs. Les petites coquilles ou plutôt les empreintes et les moules du lit de marne placée vers la partie supérieure, désignés d'abord comme ayan appartenu à des Tellines, sont rapportés ici au genre Cythérée. Une liste est donnée des fossiles de la pierre à plâtre et des marnes marines situées au-dessus. La distinction de la formation n° 6 est en partie bien motivée par la différence de l'origine des dépôts. Ces fossiles sont distribués comme il suit, de bas en haut.

Formation d'eau douce. Masse gypseuse avec mammifères, oiseaux, reptiles, poissons, mollusques (un seul individu de *Cyclostoma mumia*); marnes blanches supérieures avec palmiers, poissons, Limnées et Planorbes; *formation marine*, comprenant des marnes jaunes feuilletées avec des Cythérées, des poissons, le *Cerithium plicatum*, des marnes vertes, des marnes jaunes avec des coquilles marines, des marnes calcaires avec *Ostrea*

longirostris, etc., et des marnes avec *Ostrea cyathula*, *linguatula*, *cochlearia*, des Balanes et des crustacés.

La *formation des sables et des grès sans coquilles* portait aussi le n° 7 dans l'Essai de 1808, parce qu'elle ne venait qu'après les sables et grès marins.

Quant à celle du *sable et du grès marin supérieur*, sa place est intervertie; elle est ici au-dessus du n° 7 au lieu d'être au-dessous, ce qui n'est pas plus exact, puisque en réalité ces deux formations sont le prolongement l'une de l'autre ou placées au même niveau et faisant partie du même tout.

Il y a en outre ici une erreur comparable à celle du calcaire siliceux mis en parallèle avec le calcaire grossier, c'est d'avoir confondu, avec ces sables et ces grès supérieurs, ceux qui appartiennent au niveau inférieur au gypse, dont nous avons parlé tout à l'heure, à Beauchamp, à Pierrelaye, à Triel, et que les auteurs regardent comme une modification locale et latérale du calcaire grossier. C'est ainsi que les sables et les grès de la butte d'Aumont dans la forêt de Senlis, de la Chapelle, d'Ermenonville, de Nanteuil et de Lévignan sont rapportés à cette formation supérieure. Cuvier et Brongniart admettent alors aux environs de Paris trois sortes de grès, parfois semblables minéralogiquement, mais très-différents par leur position ou leurs caractères géologique. En réalité, il n'y en avait encore que deux, l'un au-dessus et l'autre au-dessous du gypse, et ce dernier est indépendant ou distinct du calcaire grossier au lieu d'en être une modification locale.

La *formation des meulières sans coquilles* est ici séparée de la suivante, à laquelle elle avait été réunie précédemment. Ce sont des sables argilo-ferrugineux, des marnes argileuses verdâtres, rougeâtres ou blanches, et des meulières proprement dites, le tout sans fossiles. Quant au *second terrain d'eau douce*, outre que sa position par rapport à la formation précédente n'est pas exacte, on voit, par la citation des localités, que les auteurs ont aussi confondu, de même que pour les sables et grès marins supérieurs, des calcaires lacustres inférieurs au gypse (Saint-Ouen, le Bourget, Château-Landon, la Ferté-sous-Jouarre),

avec d'autres supérieurs (Montmorency, Saint-Cyr, Trappes).

Cuvier et Brongniart ont fait suivre cet exposé des résultats généraux et théoriques de leurs recherches par une description, détaillée dans chacune des petites régions naturelles du pays, de tout ce qu'ils avaient observé dans leurs différents voyages. Ce sont, à proprement parler, les preuves à l'appui, preuves dans lesquelles on trouve çà et là des faits particuliers ajoutés après coup, et qui ne s'accordent pas toujours avec les déductions générales plus anciennes.

Si nous comparons maintenant ces résultats stratigraphiques avec ceux déduits des observations de Lavoisier et de Coupé (*antè*, p. 378), qui avaient établi la position relative, l'un de la meulière supérieure, des sables supérieurs, du calcaire grossier, des sables inférieurs, de l'argile plastique et de la craie, l'autre, celle du groupe lacustre et du gypse dont la véritable origine avait été démontrée par de Lamanon, on reconnaîtra que les auteurs de la *Description minéralogique des environs de Paris*, après des recherches plus mutipliées sur des surfaces plus étendues, qui ont apporté dans la science beaucoup de faits nouveaux et intéressants, n'ont cependant résolu aucune des questions secondaires que leurs prédécesseurs n'avaient point abordées.

Ainsi, tout le grand étage si complexe des *sables inférieurs* leur est à peu près resté inconnu, l'étage que nous appelons des *sables et grès moyens* a été mal compris, puisqu'une partie était regardée comme une modification du calcaire grossier, et l'autre placée au-dessus du gypse; le *calcaire lacustre moyen* ou calcaire siliceux a été mis au niveau du calcaire grossier au lieu de lui être superposé, et dans certaines localités il a été assimilé au calcaire lacustre supérieur, distingué de la meulière.

Sous ces divers rapports, le travail complet de 1811 avec les descriptions locales, une carte géologique et des coupes, quoique différant à plusieurs égards de l'Essai publié trois ans auparavant, n'est cependant pas plus exact. Les erreurs de superposition du premier travail n'ont pas été corrigées dans le second, qui, de plus, en présente de nouvelles, de sorte que

stratigraphiquement parlant, on ne peut pas dire que ces études aient rien ajouté de bien essentiel aux modestes esquisses de Lavoisier et de Coupé.

On doit remarquer néanmoins, pour ne rien omettre, que dans leur *coupe générale et idéale* (pl. 1, fig. 1) Cuvier et Brongniart indiquent *un terrain d'eau douce inférieur*, avec Limnées et Planorbes , entre le gypse et le grès marin inférieur, et reposant également sur le calcaire siliceux. Ce même terrain d'eau douce est indiqué dans la coupe n° 2, au-dessous du gypse de Saint-Leu, dans le puits de la rue Rochechouart et à Saint-Ouen; mais, excepté la coupe du puits donnée (p. 170), nous ne voyons nulle part ce fait si important, mentionné dans le texte (p. 9 et 26), où, au contraire, le *premier* et le plus ancien *terrain d'eau douce*, caractérisé par des Limnées et des Planorbes, est toujours représenté par les marnes blanches supérieures au gypse.

Le système adopté dans la construction des profils que Cuvier et Brongniart ont joints à leur mémoire peut aussi expliquer, jusqu'à un certain point, leurs incertitudes, le défaut d'ensemble dans leurs vues générales et les erreurs de stratigraphie. La disposition tronçonnée ou discontinue des coupes, les vides ou lacunes laissés entre leurs diverses parties, l'excessive exagération des hauteurs par rapport aux distances horizontales, étaient plus propres à masquer les fautes qu'à les faire apercevoir et à les corriger, car on n'est point alors forcé de remplir ces lacunes, ni d'expliquer la relation des terrains sur tous les points d'une ligne donnée, et l'on ne représente que ceux que l'on a vus ou que l'on connaît le mieux. En outre, ces recherches, limitées aux parties centrales du bassin, devaient en exagérer l'importance relative, et elles ne donnaient pas d'éclaircissements suffisants sur certains faits, sur certains rapports dont l'explication ne pouvait se trouver que vers les extrémités nord et est de cet ensemble de dépôts. Nous verrons, en effet, tout à l'heure, que la véritable théorie générale de ceux-ci n'a été bien saisie que par un autre géologue, qui, dans le même temps, procédait en s'avançant des bords du bassin vers son centre.

Mais, considéré à un autre point de vue très-essentiel aussi, celui de la distribution des corps organisés fossiles dans les différentes couches, hâtons-nous de reconnaître que le travail de Cuvier et de Brongniart ouvrait à la science, dans notre pays, une voie à peine indiquée, et lui imprimait en même temps une marche plus sûre, semblable à celle que W. Smith suivait de l'autre côté du détroit, et en s'appuyant sur le même principe. On ne peut trop insister sur ce service rendu par les auteurs de l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, et nous verrons même l'un d'eux dépasser dans cette direction, par la hardiesse de ses vues, tout ce que l'on avait fait jusque-là dans le reste de l'Europe.

Dans les travaux exécutés en commun, il est souvent difficile d'apprécier exactement la part qui revient à chaque auteur, et c'est même un sujet assez délicat à traiter pour que la critique s'en abstienne; mais ici la tâche est très-simplifiée, car l'un d'eux a été, en quelque sorte, au-devant de cette recherche. Nous verrons, en effet, plus loin, que Cuvier, en rendant une éclatante justice à son savant collaborateur, a reconnu que la plus grande part de leur ouvrage revenait à Alex. Brongniart. Tout nous prouve, en effet, que ce dernier est l'auteur du principe dont il fit, quelques années après, de si remarquables applications.

Maintenant, devons-nous chercher à qui appartient la priorité de ce principe, appliqué dans le même temps en France et en Angleterre? Nous croyons à la simultanéité et à l'indépendance de la découverte des deux côtés du détroit. Tout semblait en effet préparé pour que les germes depuis longtemps semés se développassent simultanément sur plusieurs points. C'est ainsi que le calcul intégral prit naissance en Allemagne pendant que la méthode des fluxions voyait le jour sur les bords de la Tamise, et que Leibnitz eut aux yeux de la postérité la même gloire que Newton; de même la relation des faunes avec l'ancienneté des couches doit, suivant nous, faire autant d'honneur à Alex. Brongniart qu'à W. Smith qui eurent aussi pour précurseur l'abbé Giraud-Soulavie.

Dans l'intervalle des deux publications que nous venons de

rappeler et de comparer, Alex. Brongniart avait donné un *Mémoire sur des terrains qui paraissent avoir été formés sous l'eau douce* (1). Ces dépôts, dit-il, sont composés de trois sortes de pierres, savoir : des calcaires, des silex et du gypse, définition beaucoup trop restreinte, car les marnes, les argiles, les sables peuvent avoir la même origine. En ne faisant aussi remonter la distinction des couches d'eau douce qu'à de Lamanon et à Coupé, on voit qu'il ignorait que cette observation avait été faite en Italie plus d'un siècle auparavant et qu'elle avait été répétée par beaucoup de naturalistes de ce pays où cette circonstance était admise comme une chose fort ordinaire.

Brongniart décrit ensuite 8 espèces de sa *première formation d'eau douce* et 15 de la seconde, réparties dans les genres Cyclostome, Potamide, Planorbe, Limnée, Bulime, Maillot, Hélice. Il signale en outre des bois de palmier dans l'une, puis d'autres végétaux et des Gyrogonites dans toutes deux.

Guidé par la nature des roches et la présence des coquilles fluviatiles et terrestres, il mentionne, après les dépôts d'eau douce des environs de Paris et d'Orléans, ceux du Mans, à l'est et au sud ceux d'Aurillac et de Thiezac dans le Cantal, de Nonnette, sur la rive droite de l'Allier, entre Saint-Germain-de-Lambron et Issoire, avec des *Potamides Lamarckii*, des *Helix Cocqii*, du puy de Corent, de Gergovia et d'autres localités de la Limagne, les calcaires à *Indusia* (tubes de Phryganes), ceux de Vertaison et de Pont-du-Château, etc. Après avoir insisté sur les caractères pétrographiques généraux communs à tous ces dépôts et sur la présence d'un certain nombre d'espèces qui se retrouvent dans chacun d'eux, il pense que ces coquilles sont analogues à celles qui vivent encore dans les eaux douces. Les couches à coquilles marines n'en renfermeraient point, suivant lui, qui aient vécu dans des eaux non salées, et celles que l'on avait prises pour telles doivent appartenir à des genres différents.

Peut-être pourrait-on s'étonner qu'avec des faits aussi précis, aussi nombreux et aussi concluants, Brongniart n'ait pas adopté

(1) *Ann. du Muséum*, vol. XV, p. 357, 2 pl.; 1810.

de suite l'hypothèse, ou mieux, l'explication fort naturelle d'anciens lacs, suggérée par de Lamanon et par d'autres observateurs. « Nous possédons, dit-il, trop peu de faits pour établir aucune « hypothèse raisonnable sur la formation de la terre (p. 405). « Nous nous contentons d'annoncer aux naturalistes qu'il existe « des terrains formés avant les temps historiques, qui sont tous « composés de la même manière, qu'ils représentent les mêmes « caractères, quoique situés à de grandes distances les uns des « autres, et que ces terrains, au lieu de renfermer des produc« tions marines, ne contiennent généralement que des produc« tions terrestres ou d'eau douce. » La conséquence était ici tellement directe, qu'on ne se rend pas compte de l'extrême réserve de l'auteur lorsqu'il vient d'insister lui-même sur l'absence du mélange des coquilles d'eau douce avec les espèces marines.

1er mémoire de d'Omalius d'Halloy. — 1808.

Si nous passons actuellement aux observations que faisait et publiait aussi, vers le commencement de ce siècle, un autre géologue, moins versé peut-être dans la connaissance des corps organisés que Cuvier et Brongniart, mais doué d'une profonde sagacité, d'un jugement droit, libre d'idées systématiques ou préconçues; nous le verrons prendre aussi une grande part à l'avancement de la géologie stratigraphique du nord de la France et de quelques contrées voisines.

En 1808, M. d'Omalius d'Halloy (1) distinguait dans cette région *deux ordres de terrains*. Dans l'un, dit-il, les couches sont toujours *horizontales*, dans l'autre, elles sont ordinairement *inclinées*, quelquefois même verticales. Dans un même bassin, les terrains en couches horizontales sont toujours moins anciens que ceux en couches redressées. Les caractères différentiels des roches et des fossiles de ces sortes de terrains sont en rapport avec leur ancienneté relative. Les terrains inclinés se divisent en ceux qui contiennent des corps organisés et ceux qui n'en renferment pas.

(1) *Essai sur la géologie du nord de la France* (*Journ. des Mines*, vol. XXIV, p. 123; 1808).

Après avoir examiné les diverses sortes de roches qui les composent, l'auteur passe à leur description dans chaque région géographique naturelle, ce qui, vu l'état de la science, était alors on ne peut plus rationnel.

La région connue sous le nom de Campine offrait peu d'intérêt; mais, dans la Flandre, M. d'Omalius décrit la craie et un grès calcarifère dont les fossiles semblent être les mêmes que ceux de la craie des environs de Paris. Sous le nom de *chaux carbonatée grossière*, il comprend les roches coquillières des alentours de Bruxelles, dont nous avons vu que de Launay et Burtin avaient fait connaître les fossiles, puis le calcaire grossier des bords de la Meuse, particulièrement aux environs de Maëstricht dont il rappelle les fossiles décrits par Faujas. Il établit bien la postériorité du calcaire grossier de la Flandre et du Brabant à la craie et en même temps son parallélisme avec celui de Paris, mais il place le calcaire de Maëstricht sur le même horizon, opinion qu'il n'a pas d'ailleurs tardé à désavouer. Il distingue non moins nettement les dépôts meubles plus récents.

Toutes les couches qui constituent la région du Condros, située à l'est de la précédente, sont non-seulement plus ou moins inclinées, mais encore contournées, repliées, bouleversées en divers sens. Elles affectent cependant une direction commune N.-E., S.-O., à peu près comme les vallées longitudinales du pays, de telle sorte que celui-ci est partagé dans sa longueur en bandes composées des mêmes roches dans toute leur étendue et arrangées de la même manière, comme on a vu que l'avait indiqué Limbourg en 1774. Ces bandes ne sont point d'ailleurs absolument parallèles ni continues, et l'auteur donne à leur ensemble le nom de *formation bituminifère*, les supposant colorées par du bitume. Ces bandes sont composées de calcaires, de *chaux carbonifère bituminifère*, de quartz ou de grès et de schistes.

Considérant en particulier ces divers chaînons, leur composition et les substances minérales qu'ils renferment, M. d'Omalius fait remarquer surtout que, le pays étant divisé par des

vallées longitudinales, le milieu de celles-ci correspond aux couches calcaires et les sommets des collines à celles de grès et de schistes, circonstance contraire en apparence à cet autre fait que dans les vallées irrégulières et profondes que parcourent les rivières, le calcaire a toujours été la roche la plus résistante, constituant les escarpements perpendiculaires, tandis que les schistes et les grès sont arrondis en pente douce. L'ordre de succession de ces divers systèmes de roches n'est pas encore nettement tracé. Ce difficile problème ne devait être résolu que vingt ans plus tard.

Passant ensuite à l'examen du terrain houiller de cette même région, M. d'Omalius y distingue quatre bassins principaux qu'il décrit successivement, ainsi que leurs gisements métallifères. Ce sont les bassins d'Aix-la-Chapelle, de Liége, d'Huy et de Namur.

Dans le Hainaut, le même savant décrit les roches ignées ou porphyres de Quenast et de Lessines, les schistes ardoises qui les entourent, puis sa *formation bituminifère*, prolongement de celle du Condros, dont plusieurs des chaînons peuvent être retrouvés. Après avoir mentionné les marbres des Écaussines, connus sous le nom impropre de *petit granite*, il étudie le terrain houiller de Charleroi, de Mons, de Valenciennes et de Douai, localités sur lesquelles des mémoires spéciaux avaient été publiés, mais sans vues générales ni d'ensemble. Aux environs de Tournay, les strates calcaires sont horizontaux, circonstance exceptionnelle pour les roches de cet âge dans ce pays où elles sont surmontées de grès blanc et de sables également horizontaux, décrits précédemment par l'abbé Witry.

Dans l'Artois, toutes les couches affectent cette dernière disposition et comprennent la craie de structure et de texture variables avec des silex gris ou blancs, et les sables, prolongement de ceux du Hainaut, qui occupent la même position. Au nord-ouest, dans le Bas-Boulonnais, où les marbres et le terrain houiller sont analogues à ceux du Condros et du Hainaut, c'est, dit M. d'Omalius, le dernier terme de cette série de bassins houillers qui traverse tout le nord de la France, et

la ressemblance que nous avons observée entre tous ces bassins ne permettrait pas de douter que celui-ci ne fût encore semblable aux autres.

Le sol de l'Ardenne, dont les caractères physiques sont ensuite esquissés, appartient à la *formation ardoisière* de M. d'Omalius; les schistes et les quartzites y alternent, plus ou moins inclinés, souvent verticaux, courant généralement du N.-E. au S.-O., mais moins tourmentés et moins variables dans leur inclinaison que les couches de la *formation bitumineuse*. Les roches et les substances minérales qu'elles renferment ayant été décrites, le savant auteur passe à l'étude de l'Eifel, pays compris entre l'Ardenne, le Rhin et la Moselle, et où s'observent les *formations basaltique*, *ardoisière*, *bituminifère*, le *grès rouge* et le *terrain volcanique* proprement dit, et enfin à celle du massif montagneux du Hundsruck, du Luxembourg et du Palatinat (1).

Les distinctions, établies pour la première fois par M. d'Omalius dans cette étendue de pays si varié, compris entre la Manche et le Rhin, la répartition de ses divisions, les caractères stratigraphiques généraux et leurs rapports indiqués font de ce travail le meilleur exposé de sa géologie que l'on ait eu jusqu'alors; aussi avons-nous dû insister à son égard, parce qu'il s'éloigne de la marche si longtemps suivie dans les observations faites en France, en Belgique, dans les provinces rhénanes, et qu'il inaugure, en quelque sorte, une ère nouvelle dans l'étude de leurs terrains sédimentaires.

Si, pour mieux suivre l'ordre des idées et des faits en même temps que l'ordre géographique, nous intervertissons, dans leur date de publication, deux des mémoires de M. d'Omalius, dont il nous reste à parler, nous verrons que celui où il traite de l'*Étendue géographique des terrains des environs de Paris*, 2e mémoire. 1813-1816.

(1) Faujas avait donné quelques notices sur certaines parties de cette région si variée. *Description du lignite ou terre d'ombre de Cologne* (*Journ. des mines*, n° 36, *Ann. du Muséum*, vol. L, p. 445). *Voyage géologique de Mayence à Oberstein* (*Ann. du Muséum*, vol. V, p. 294).

lu à l'Institut, le 16 août 1813, mais imprimé seulement trois ans après (1), renferme des résultats plus importants encore que le précédent.

Il esquisse d'abord la distribution de ces terrains sur une surface d'environ 170 myriamètres carrées, formant un polygone irrégulier, allongé du N. au S., et dont le grand axe serait représenté par une ligne de 30 myriamètres entre Laon et Blois. Dans toute cette étendue, le terrain tertiaire repose sur la craie qui circonscrit la dépression dont Paris occupe le centre. Il étudie ensuite sa portion orientale, les limites et les caractères de la craie, ceux des collines qui lui sont superposées, les argiles à lignites, dont il constate la vraie position sur les bords de la Marne, le gisement coquillier de Courtagnon et d'autres semblables, puis, au-dessus, la présence de calcaires et de marnes sans coquilles, d'autres couches plus élevées, renferment le *Cyclostoma mumia* et le *Cerithium lapidum*, des marnes vertes, des calcaires avec des Limnées et de petites Paludines, surmontés, à leur tour, par une meulière sans coquilles. Ces trois dernières assises sont d'origine d'eau douce.

Dans leur disposition générale, ces couches s'abaissent du N. au S. de manière à présenter des espèces de coins placés les uns au-dessus des autres comme les tuiles d'un toit, avec cette circonstance cependant que le coin inférieur atteindrait, suivant M. d'Omalius, la plus grande élévation, ce qui n'est pas tout à fait exact aujourd'hui, les calcaires lacustres de la montagne de Reims et de la forêt de Villers-Cotterets offrant de plus grandes altitudes que les couches marines sous-jacentes. Le savant auteur regardait, à la vérité, le calcaire à Cérites comme le *premier étage*, et le signale à 300 mètres de hauteur absolue sur le plateau de Laon à sa limite nord; mais il y a ici une erreur de chiffre qui en a entraîné une dans le raisonnement, car, d'après les mesures barométriques de Lemaître, auquel il renvoie, cette altitude ne serait que de 100 toises, élévation encore plus

(1) *Ann. des mines*, vol. I, p. 231; 1816.

considérable que celle donnée depuis par les mesures géodésiques, qui n'est que de 183 mètres.

Néanmoins, et c'est là le plus essentiel, le fait général est vrai, puisqu'à partir du sommet de ces collines ou mieux de ces plateaux les bancs calcaires s'abaissent constamment au S., pour disparaître au delà de la Marne ou du Morin, et à une certaine distance de la rive gauche de la Seine. On voit d'après cela que tout, ou du moins la plus grande partie du groupe si complexe des sables inférieurs, dont la puissance, sur la limite nord du bassin, est plus que double de celle du calcaire à Cérites, a été omis dans cette étude comme dans celle des auteurs de l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, et cependant c'est en réalité ce groupe qui forme le *coin inférieur* ou la base de tout le système, et qui, en s'abaissant au N. comme tous les autres, se réduit à quelques mètres dans le voisinage immédiat de la capitale.

Le *second étage* de M. d'Omalius ou première formation d'eau douce avec des gypses subordonnés est, suivant lui, plus élevé sur sa limite orientale que partout ailleurs, et plonge au S.-O., ce qui est très-vrai, car au-dessus de Verzy, à l'extrémité est de la montagne de Reims, le calcaire lacustre se trouve à 280 mètres d'altitude; c'est le point le plus élevé qu'atteignent les dépôts tertiaires entre la vallée de la Loire et la mer du Nord. En réunissant ici le calcaire siliceux de Cuvier et de Brongniart à la formation gypseuse, l'auteur rectifie l'une des méprises les plus graves de ses prédécesseurs.

Le *troisième étage* affecte une disposition différente. Il comprend avec raison les marnes marines supérieures au gypse, les sables et les grès sans coquilles ainsi que les grès coquilliers supérieurs, qu'on peut regarder comme les parties d'un même tout complétement distinct, par son origine marine, des couches d'eau douce placées au-dessus et au-dessous. C'était encore un point de vue très-juste qui modifiait celui de Cuvier et de Brongniart. Peu développé en surface au nord de la Seine, cet étage s'étend, au contraire, beaucoup au sud, au delà des limites des précédents, s'incline aussi dans cette direction où, malgré sa

plus grande épaisseur, son élévation est moindre qu'au nord.

Il disparaît à son tour sous la seconde formation d'eau douce ou le *quatrième étage* de l'auteur, qui recouvrait la plus grande partie du bassin, quoique fréquemment interrompu là où se montrent les étages inférieurs. Il acquiert plus d'épaisseur à mesure qu'il se rapproche de la rive gauche de la Seine, et au delà d'une ligne tirée de Chartres à Nemours, où s'arrêtent les grès du troisième étage, il règne seul ensuite pour reposer lui-même sur la craie, comme au nord, à l'est et à l'ouest, reposent les dépôts les plus inférieurs de toute la série tertiaire.

Plus au sud encore, au delà de Montargis et de Neuville, en s'approchant de la Loire, ces calcaires lacustres sont recouverts eux-mêmes par un dépôt sableux qu'on pourrait jusqu'à un certain point, considérer comme un cinquième et dernier étage venant se confondre avec les sables de la partie nord de la Sologne.

« Ainsi, dit M. d'Omalius, les formations principales du bassin « de la Seine, outre leur superposition successive, affectent encore « une véritable distribution géographique qui partage le pays en « régions physiques distinguées par leur aspect général et leur « agriculture. » En effet, la plupart des grandes forêts, et même les bois d'une moindre importance, depuis la forêt de Coucy, au nord, jusqu'à celle de Fontainebleau, au sud, sont sur l'un des trois grands étages sableux ; les plaines de la craie, les plateaux du calcaire grossier, les plaines du calcaire siliceux de la Brie, comme celles du calcaire lacustre supérieur de la Beauce, sont particulièrement consacrés aux céréales, et les vallées qui les séparent aux prairies naturelles.

Si tous les points restés douteux vers le centre du bassin n'ont pas été éclaircis par ces recherches de M. d'Omalius, on doit reconnaître, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, qu'il a apporté deux modifications fort importantes aux vues de Cuvier et de Brongniart : 1° en démontrant que leur calcaire siliceux était superposé au calcaire grossier et non placé bout à bout comme ils le disaient; 2° en prouvant que les grès coquilliers et non coquilliers supérieurs ne formaient qu'un seul dépôt marin.

En outre, il a beaucoup étendu les horizons déjà tracés, et il a saisi avec une rare justesse de coup d'œil cette disposition générale si remarquable des dépôts tertiaires du nord de la France, que personne n'avait comprise auparavant, et qui ne pouvait l'être qu'en procédant, comme l'a fait M. d'Omalius, des bords ou des limites extérieures du bassin vers son centre.

En réunissant ensuite ces observations à celles qu'il avait déjà dirigées sur les rives de la Loire jusqu'à Cosne, où se relèvent les couches de la craie, le même géologue fait voir que les dépôts des environs de Paris, qui, sur leur pourtour au nord, dominaient si longtemps cette même craie, s'abaissent tellement au sud que, d'abord arrivés à son niveau, ils finissent, à leur extrémité méridionale, par occuper une vallée plus basse encore. En outre, continue M. d'Omalius, les dépôts d'eau douce, la seconde formation marine et l'argile plastique du bassin de la Seine, s'étendent bien au delà de ses limites géographiques actuelles.

Mais ici il y a, comme on pouvait le prévoir, une certaine confusion dans les rapprochements proposés par l'auteur, qui croyait que le calcaire grossier ou son *premier étage* reposait immédiatement sur la craie, entre Reims et Damerie (p. 235), qui rattachait les *terres noires* avec lignites à l'argile plastique en face de Château-Thierry, ce qui est vrai, puis au calcaire à Cérites, ce qui ne l'est plus, et qui fait remarquer que ces mêmes argiles se prolongent assez loin çà et là, au nord des limites de ce dernier calcaire. Cette observation est encore juste; mais les grès que l'on trouve aussi fréquemment dans cette direction, loin de représenter la seconde formation marine, appartiennent à cette grande division si naturelle des sables inférieurs au calcaire à Cérites ou calcaire grossier, toujours méconnue ou mal appréciée depuis Lavoisier, malgré son développement entre la Marne, l'Aisne et l'Oise. Ce rapprochement devait paraître d'autant plus singulier qu'il est complétement en opposition avec la disposition générale des divers systèmes, si bien indiquée du N. au S. par M. d'Omalius. Quant à l'exten-

sion des sédiments lacustres dans le bassin de la Loire, elle ne s'applique qu'à ceux de la formation supérieure.

Pour le calcaire à Cérites, il est au contraire circonscrit par les limites du bassin proprement dit, ce qui, suivant l'auteur, est une circonstance très-digne de fixer l'attention; il ne l'a point en effet rencontré ailleurs, malgré tout ce que l'on a prétendu d'après certaines analogies dans les caractères de quelques roches en réalité plus anciennes.

Mais, sans se borner à nous faire connaître dans ce mémoire les dépôts du nord de la France plus récents que la craie blanche, M. d'Omalius poursuit ses études dans le temps, et esquisse avec non moins de bonheur les caractères et la disposition des dépôts plus anciens.

« Des couches plus ou moins différentes de la véritable craie, « dit-il, (p. 252), par leurs caractères minéralogiques, par « leur nature chimique et même par des fossiles particuliers, sé- « parent ce terrain de l'*ancien calcaire horizontal* (calcaires ju- « rassiques actuels), mais se rattachent à la craie proprement « dite par des nuances insensibles. » Il distingue dans cette nouvelle série, limitée ainsi en haut et en bas, quatre modifications, savoir : 1° craie à silex pâles; 2° craie tuffeau ou grossière souvent chloritée; 3° sables et grès presque toujours mélangés de calcaire; 4° argile grisâtre, ordinairement marneuse, rarement plastique, quelquefois feuilletée.

Bien que certains passages ou alternances de ces diverses roches ne semblent pas permettre à M. d'Omalius d'y tracer un ordre de superposition très-constant, il ne laisse pas que d'ajouter que la craie à silex pâles est la plus récente, et que les assises argileuses constituent le premier terme ou la base de la formation. C'est ce que depuis l'on a appelé le *gault*. Quant au niveau réel des grès et des sables, son incertitude était d'autant mieux justifiée qu'elle a régné dans la science jusque dans ces derniers temps.

Les détails qui suivent, relatifs à la distribution générale de ces divers systèmes de couches dans le Perche, le Maine, la Touraine, le Berry, la Puysaie et la Champagne, où l'étage argileux

forme une bordure continue, limitant d'une part, la *craie chloritée* et de l'autre les *calcaires plus anciens*, sont exacts, pris dans leur ensemble. Cette dernière division se fait remarquer par la constance de ses caractères, dans toute la région de l'est jusqu'à la limite de l'Ardenne, en constituant le fond d'une dépression comprise, ainsi qu'on vient de le dire, entre les plateaux de craie et l'*ancien calcaire horizontal* (étages néocomiens et jurassiques supérieurs).

La craie qui formait les plaines basses de la Champagne, en sortant de dessous les dépôts tertiaires des environs de Reims et d'Épernay, se relève graduellement à son tour dans la direction de l'E., pour atteindre une élévation au moins égale à celle de ces dépôts, et se terminer à la limite orientale de la région par un escarpement dont le pied est bordé par la zone d'argile marneuse précitée.

Les principaux caractères du pays de Bray, comparé à une île allongée ou au sommet d'une montagne, entouré par le grand dépôt crayeux, ont été aussi fort bien compris par M. d'Omalius, qui rapporte à la craie les calcaires gris-jaunâtre du centre de l'ellipse, tout en les distinguant néanmoins des roches environnantes, et en signalant leur ressemblance minéralogique et géologique avec des calcaires fort éloignés, dans le Berry, la Lorraine, le Bas-Boulonnais, les côtes de Normandie, etc. Seulement, l'auteur prend, dans ce dernier cas, pour les analogues de ses couches du pays de Bray, celles des falaises des Vaches-Noires au lieu de celles de la base du cap la Hève, ce qui, pour le temps où il écrivait, était une méprise bien légère.

A ce travail, déjà si remarquable par la netteté et l'étendue des aperçus, sont joints encore une carte coloriée comprenant une grande partie du nord de la France et un profil tracé du N. au S., d'Hirson à Guéret, mettant en évidence la disposition générale des divers terrains entre les schistes ardoisiers de l'Ardenne et les roches cristallines du plateau central. Ce sont les premiers essais systématiques de ce genre exécutés en France sur une grande surface, et qui puissent être regardés comme ayant une valeur réelle; car, si l'on compare ces résultats

et la marche suivie pour les obtenir avec ceux de Guettard et de Monnet, on sera de plus en plus convaincu que les *cartes minéralogiques* de ces derniers, non-seulement ne représentent que les caractères du sol superficiel, mais encore ne permettent pas de croire que leurs auteurs soupçonnassent la continuité souterraine des roches dont elles indiquent les affleurements.

Dépôts lacustres. — M. d'Omalius.

M. d'Omalius avait déjà étendu ses recherches sur les dépôts d'eau douce bien au delà des limites comprises dans le travail dont nous venons de parler. Ainsi, dans le département du Cher (1), il décrit entre Levet et Bruère, sur la route de Bourges à Saint-Amand, des calcaires d'eau douce reposant directement sur les couches jurassiques. Ces calcaires sont blanchâtres, friables, grumeleux, semblables à celui de la Beauce, des environs de Blois et d'Orléans. On y trouve des Planorbes, des Limnées et des silex se fondant dans la pâte. On les observe encore lorsqu'on remonte la vallée de l'Allier et qu'on se rapproche des plateaux granitiques. De Gannat à Chantelle se montrent des collines de calcaire lacustre comme entre Bourbon-l'Archambault et Saint-Pierre-lès-Moutier, entre Soligny et la Palisse. Les localités de Thiaux et de Biard, aux environs de Nevers, sont particulièrement signalées et comparées à celles des environs d'Orléans, décrites par Bigot de Morogues (2).

Considérant ensuite la disposition des calcaires lacustres dans les vallées de la Loire et de l'Allier, en Auvergne et jusque dans le Vélay, celle des plaines sablonneuses de la Sologne jusqu'aux plaines crayeuses de la Champagne et de la Picardie à l'est et au nord, enfin les caractères de ces dépôts à l'ouest, aux environs du Mans et de Tours, dépôts tous horizontaux, mais situés à des niveaux très-différents, M. d'Omalius en conclut qu'ils se sont déposés, non dans une vaste mer, mais dans des lacs séparés, échelonnés, se déversant les uns dans les autres suivant un vaste plan incliné, qui s'abaissait depuis les montagnes d'Auvergne

(1) *Journ. des mines*, vol. XXXII, p. 43; 1812.
(2) *Sur la constitution minér. et géol. des environs d'Orléans*, 1810. — Voy. aussi de Tristan, *Note sur la géologie du Gatinais*, 1812.

jusqu'au delà de la Seine. Ces lacs, peu étendus dans les régions montagneuses élevées, couvraient au contraire des surfaces considérables dans les plaines de l'Orléanais et des environs de Paris.

Appuyé ainsi sur ses propres observations, sur d'autres dont nous avons déjà parlé et sur celles que nous rappellerons tout à l'heure, le savant géologue réfute aisément l'opinion opposée à l'existence de ces anciens lacs d'eau douce, et qui se basait principalement sur les alternances des dépôts marins et d'eau douce, sur le mélange des coquilles marines et fluviatiles, sur la possibilité que les mêmes espèces de mollusques aient pu vivre dans les deux liquides; car il y avait alors, comme toujours dans la science, ce que nous appellerions actuellement un *parti de la résistance*, représenté par Faujas, Brard, de Lamétherie, etc., tandis que Cuvier, Brongniart, de Férussac, d'Omalius, Marcel de Serres, etc., étaient du *parti avancé* ou du *mouvement*.

L'étude des dépôts d'eau douce était alors à la mode; c'était pour le plus grand nombre une nouveauté qui paraissait d'autant plus piquante, qu'on croyait que le sujet n'avait pas encore été traité. M. d'Omalius ne s'arrêta pas là, et nous le voyons en Italie retrouver aussi des calcaires de même origine, blancs, durs, compactes, celluleux, placés sous une couche d'argile grise près de Cisterna, à l'entrée des Marais-Pontins, sur la route de Rome à Naples. Ces calcaires avec des Limnées et des Planorbes seraient plus anciens que les produits volcaniques du Latium que recouvre le travertin moderne des environs de Rome (1). Les mêmes calcaires d'eau douce se voient à Colli, dans le bassin de l'Elsa, remplis de Limnées, de Planorbes, d'Hélices, et occupent une plaine horizontale. Les coquilles de ces dépôts diffèrent de celles du travertin, identiques avec celles qui vivent encore dans le pays.

Enfin, dans le bassin du Danube, aux environs d'Ulm, M. d'Omalius signale des dépôts semblables, tels que ceux d'Urspring, sur la route de cette ville à Stuttgard, où abondent les Hélices,

(1) Voy. L. de Buch, *Geognostische Beobachtungen*. Berlin, 1809.

les Planorbes, les Linnées, les Ancyles, les Bulimes, etc., et qu'il place sur l'horizon du calcaire siliceux des environs de Paris.

De Férussac. Parmi les naturalistes de cette époque, de Férussac fut un de ceux qui se livrèrent avec le plus d'ardeur à l'étude de ces mêmes dépôts lacustres. Dans un mémoire présenté à l'Institut le 27 avril 1812 (1), il compare d'abord deux *Melanopsis* des lignites tertiaires inférieurs du Soissonnais avec des espèces qui vivent encore en Orient dans les eaux douces; puis il examine au même point de vue les dépôts coquilliers lacustres des environs de Mayence (colline de Weisenau), dont il décrit les petits gastéropodes comme étant des Cyclostomes et non des Bulimes, et comme ayant leurs analogues vivants dans les rivières du pays.

Pendant son séjour en Espagne, il avait constaté la présence de couches de même origine entre Logrogno et Burgos, et au delà de cette dernière ville les calcaires exploités sont remplis de coquilles fluviatiles (une petite Paludine analogue à celle de Mayence, la *Limnæa stagnalis*, une multitude de Planorbes, etc.). Il en existe aussi sur les limites des provinces d'Estramadure et de Séville.

Dans le midi de la France, les plateaux supérieurs du Quercy et de l'Agénais sont formés par un banc fort épais de mollasse, surmontée d'une couche de 8 à 10 pieds d'épaisseur, de calcaire d'eau douce sans le moindre mélange de coquilles marines. De Férussac le désigne sous le nom de *calcaire d'eau douce de seconde formation*, n'ayant point découvert ceux qui seraient contemporains de la *première formation* du bassin de la Seine.

La description des caractères et de la répartition générale de ces calcaires entre le Lot et la Garonne est bien faite, et l'auteur y ajoute l'énumération des espèces de coquilles fluviatiles et terrestres qu'il y a trouvées, savoir : 4 *Helix* dont les analogues ne sont pas connues à l'état vivant; 6 Linnées toutes vivantes dans le pays; 5 Planorbes, dont 3 ont leurs représentants

(1) *Mémoire sur des terrains d'eau douce observés en divers lieux, et sur les fossiles terrestres et fluviatiles.*

vivants soit dans le pays, soit en Allemagne; 1 Physe vivante du pays, 3 Paludines toutes vivantes aussi, et 2 *Glans* (Bulimes), aussi vivants.

En 1814, dans la réimpression de ce mémoire, où se trouve exposé l'état de la science à ce moment sur les dépôts d'eau douce, de Férussac insiste avec raison sur la nécessité d'observer et de décrire, d'une manière uniforme, tous les terrains de cette nature dans un grand pays comme la France, de prendre et de comparer les niveaux des couches et d'établir les rapports de toutes les observations ainsi recueillies. « On pourrait alors, continue-t-il, « construire une carte des parties couvertes par les eaux douces à « tel ou tel moment. » Cette pensée fort juste et le vœu émis, il y a 50 ans, par le savant naturaliste, n'ont encore reçu d'exécution que dans quelques localités, et ce qu'il demandait était un travail d'ensemble qui ne paraît pas devoir être exécuté de longtemps.

Il signala aussi des ossements de mammifères dans les couches des environs de Moissac, sur la paroisse de Saint-Laurent. Ce sont des restes d'Hippopotames, de *Palæotherium* et d'*Anoplotherium* qui lui font regarder ces dépôts et ceux du bassin du Tarn, comme parallèles au gypse des environs de Paris.

Dans ses *Considérations générales sur les mollusques terrestres et fluviatiles et sur les terrains d'eau douce*, mémoire sur lequel Cuvier fit un rapport à l'Académie des sciences, le 10 février 1813, de Férussac pose en principe que, dans l'étude des dépôts lacustres, les espèces seules de coquilles fluviatiles, et non les genres, doivent servir de preuves pour établir leur origine, puisque plusieurs de ceux-ci ont des représentants qui vivent, les uns dans les eaux douces, les autres dans les eaux salées. Dans le catalogue qui termine le mémoire on trouve réunies toutes les espèces alors connues dans ces dépôts. Ce sont 18 Hélices, 1 Bulime, 2 Maillot (ces deux genres sont réunis au premier par l'auteur), 2 Vertigo, 23 Limnées, 10 Planorbes, 1 Physe, 5 Cyclostomes, 11 Paludines, 1 Cérite, 3 Mélanopsides, 3 Mélanies, 2 coquilles de genres indéterminés et des Né-

ritines également indéterminées, en tout, 85 ou 86 espèces d'univalves, car on n'avait encore découvert aucune trace d'acéphales. Cette circonstance particulière qui n'avait pas échappé à Brongniart est rappelée par de Férussac; et en effet les Cyclades, les Mulettes et les Anodontes habitent aujourd'hui les mêmes eaux que les gastéropodes précédents. Si depuis lors on en a rencontré dans ces dépôts lacustres, on doit reconnaître qu'ils sont encore loin d'y être en nombre égal ou en proportion de ce que l'on voit dans les eaux douces actuelles. On avait donc à ce moment trouvé à l'état fossile presque tous les genres de gastéropodes fluviatiles et terrestres, représentés dans la faune de nos jours. En outre, plusieurs espèces fossiles avaient leurs analogues vivants, d'autres auraient vécu là où on ne les observe plus aujourd'hui, enfin il y en a beaucoup qui paraissent éteintes.

Après avoir rappelé les diverses localités de l'Europe, où des dépôts de cette nature ont été indiqués, « il reste à savoir, dit « l'auteur, s'ils sont les suites d'une cause générale ou bien d'é« vénements particuliers. La succession, l'égalité des couches « qui les composent, pourront servir à le vérifier ainsi que leur « position par rapport aux terrains sur lesquels ils reposent; « mais surtout ce qui est bien important à déterminer, c'est « l'analogie des espèces fossiles qui se trouvent dans les couches, « afin de découvrir si elles sont les mêmes que celles qui vivent « dans le pays où on les voit fossiles, si leurs analogues vivent « dans des climats semblables ou différents, enfin, si telles « espèces sont communes aux deux formations d'eau douce que « l'on admet. »

Si ces remarques de Férussac n'avaient pas été précédées de quelques années par les travaux dont nous avons parlé, elles eussent eu une bien grande valeur; car nous y voyons exprimés les vrais principes de la paléontologie stratigraphique; néanmoins, c'est encore un mérite réel que de les avoir compris aussi vite et appliqués avec autant de discernement.

Brard. Vers le même temps, Brard étudiait d'une manière toute spéciale les coquilles d'eau douce des dépôts lacustres des environs

de Paris. Dans un premier mémoire (1), il décrit les Limnées, les Planorbes, un Cérite de la formation supérieure, et fait voir, contrairement à ce que l'on avait avancé, que toutes les espèces sont différentes de celles qui vivent encore. Dans un second mémoire (2), il continue cette étude pour les couches inférieures au gypse et y ajoute quelques espèces terrestres (Cyclostome). Un troisième mémoire (3) est consacré à l'examen des Paludines, et le quatrième (4) traite des coquilles fluviatiles et terrestres provenant de gisements plus ou moins éloignés, tels que les départements de la Drôme et de Vaucluse, les environs d'Angers, de Bouxwiller, l'île Sheppey, et en particulier des Hélices de Mayence, de Gergovia, d'Orléans, de Ronca, de Nice (espèce vivante des brèches osseuses), puis des Mélanies, des Bulimes, des Ampullaires, etc.

Ces mémoires de Brard constituent donc un ensemble de documents importants sur ce sujet. Néanmoins, ses idées sur la nature même et l'origine des dépôts lacustres n'avaient point toute la netteté de celles que nous avons rapportées, et Marcel de Serres, qui avait appliqué dans le Languedoc les vues très-justes de Brongniart et de M. d'Omalius, accumula de nombreuses preuves à l'appui dans son *Mémoire sur les terrains d'eau douce ainsi que sur les animaux et les plantes qui vivaient alternativement dans les eaux douces et dans les eaux salées* (5). Il combattit les arguments que Brard, Faujas et Beudant déduisaient de la présence des coquilles fluviatiles et terrestres avec les coquilles marines dans certaines localités ; il fit voir que ces assertions devaient tomber devant un examen un peu attentif des faits, et que l'existence indépendante des sédiments d'eau douce devait être acceptée dans toutes ses conséquences comme une vérité démontrée. Outre les deux formations lacustres du bassin

Marcel de Serres.

(1) *Ann. du Muséum d'hist. natur.*, vol. XIV, p. 426; 1809.
(2) *Ibid.*, vol. XV, p. 406; 1810.
(3) *Ibid.*
(4) *Ibid.*
(5) *Journ. de phys.*, vol. LXXXVII, 118, 161; 1818.

de la Seine, Marcel de Serres en admet deux plus récentes : l'une qui avait pour type les calcaires de Montredon, et l'autre, développée aussi aux environs de Montpellier, sur divers points du département de l'Hérault, puis aux environs d'Anduze, de Mende, de Lodève, dans la vallée du Rhône, près de Lyon, etc.

4. Paléozoologie.

Nous réunirons, dans cette section, ce que nous avons à dire sur les travaux des zoologistes du commencement de ce siècle, qui ont traité des animaux fossiles d'une manière plus ou moins étendue et à des points de vue différents. Nous rappellerons d'abord quelques publications particulières à certaines familles et à certains genres d'invertébrés, puis nous passerons aux ouvrages plus importants, dans lesquels les fossiles ont été considérés, soit comme faisant partie de la série animale, soit en eux-mêmes et d'une manière spéciale.

Bélemnites. Sage (1), remontant jusqu'à Ehrhart (2), qui regardait les Bélemnites comme des coquilles voisines du Nautile et de la Spirule, semble adopter sa manière de voir; il croit les reconnaître dans les *dactyli Idæi* de Pline, et en distingue onze formes particulières. J. A. de Luc (3) les considère aussi comme des céphalopodes, mais il diffère du précédent quant à leurs rapports avec les Orthocératites. Faure Biguet (4) se prononça aussi dans ce sens; mais, par une étude plus attentive et plus détaillée avec des matériaux plus nombreux, il commença à distinguer les espèces. Il en caractérisa 20, rangées sous les désignations de *comprimées*, *cylindriques* et *coniques*, provenant toutes des environs de Die et de Lyon, mais sans aller toutefois jusqu'à

(1) *Journ. de phys.*, vol. LI, p. 364; 1800. — *Ibid.*, vol. LVIII, p. 458 et 459; 1804.

(2) *De Belemnitis suevicis dissertatio*, in-4, 1724.

(3) *Journal de phys.*, vol. LII, p. 360.—*Ibid.*, vol. LVIII, p. 181; 1804.

(4) *Considérations sur les Bélemnites*, etc. Lyon, 1810. — *Mem. de minér. et de géologie*, vol. I, p. 1. Lyon, 1819.

en faire l'application à la connaissance des divers terrains d'où elles provenaient. Il décrivit également cinq espèces de *Rhynchol ytes*. De son côté, Beudant (1), sur une donnée tout à fait insuffisante, faisait des Bélemnites des pointes d'Oursins, renouvelant ainsi l'idée qu'émettait Klein en 1734.

L'étude des Rudistes devait naître en France, car nos provinces du sud-ouest et du sud-est présentent des types plus variés et des individus plus nombreux jusqu'à présent qu'en aucun autre pays ; cependant, à l'exception de l'espèce figurée par de Sauvages en 1746, et de celles des Corbières, prises pour des Orthocératites et des Huîtres par Picot de Lapeirouse trente-cinq ans après, il faut arriver au commencement du XIXe siècle pour voir les naturalistes s'en occuper d'une manière un peu suivie. Hors de France, nous ne trouvons que le fossile décrit par le docteur Thomson (2) sous le nom de *Cornucopia*, qui se rapporte à cette famille; il est très-abondant dans les calcaires du cap Passaro, en Sicile. En 1801, de Lamarck (3) place près des Chames certaines formes qu'il nomme *Radiolites*, rapprochement qui semble le plus naturel encore aujourd'hui, et d'autres, les *Orthocératites* de Picot de Lapeirouse, parmi les céphalopodes, en les désignant sous le nom d'*Hippurites*. En 1809 (4), il réunit ses Radiolites avec la Calcéole et les Cranies aux ostracées, les Hippurites restant entre les Orthocères et les Bélemnites. Dans l'*Extrait du Cours*, il modifie peu sa classification; mais, en 1819, dans l'*Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (5), il établit la famille des *Rudistes*, comprenant les genres Sphérulite, Calcéole, Birostrite, Discine et Cranie, et la place entre les ostracées et les Brachiopodes. Trois de ces genres ont dû rentrer dans cette dernière famille, et un, le genre Birostrite, a dû disparaître,

Rudistes.

(1) *Mém. du Muséum*, vol. XVI, pl. 3, 1810.

(2) *Nouv. de littér., sc. et arts*, vol. II, n° 23. Naples, 1801.— *Journ. de phys.*, vol. LIV, p. 245; 1802. (C'est probablement l'*Hippurites cornu vaccinum.*)

(3) *Système des animaux invertébrés*, p. 51, in-8; 1801.

(4) *Philosophie zoologique*, vol. I, p. 317.

(5) Vol VI, p. 230; 1819.

comme n'ayant été formé qu'avec des moules de coquilles connues sous les deux premiers noms. Quant aux Hippurites qui restèrent parmi les céphalopodes, elles se trouvèrent singulièrement placées entre les Nodosaires et la Spirule.

De la Métherie (1) avait créé le nom de Sphérulite pour une espèce large et déprimée (*S. agariciformis*), et Bruguières désignait ces corps sous le nom d'*Acardes*. Denys de Montfort, en 1808, désigna certaines espèces d'Hippurites sous le nom de *Batholites*, et Desmarest (2) créa le nom d'*Ichthyosarcolite* pour un corps qu'il croyait faire le passage des Hippurites de Lamarck aux Orthocératites, et qu'il rangeait, par conséquent aussi, avec les mollusques céphalopodes. Mais personne ne s'occupait du gisement de ces fossiles; on ne supposait pas, même en 1817, que cette circonstance pût avoir quelque intérêt, et, cependant, si la famille des rudistes, aujourd'hui rendue plus homogène par les changements qu'elle a subis, est une des plus extraordinaires de la classe des acéphales, elle n'est pas moins digne de l'attention du paléontologiste, car, malgré la variété des types qui la constituent, leurs dimensions souvent énormes et la multiplicité des individus qui forment des couches puissantes à eux seuls, elle est jusqu'à présent propre à la formation crétacée dans l'ancien comme dans le nouveau monde. Elle est donc aussi précieuse pour le géologue que les trilobites du terrain de transition, que les Bélemnites et les Ammonites du terrain secondaire, que les Nummulites du terrain tertiaire inférieur.

Ammonites, Térébratules.

Les Ammonites (3) et les Térébratules (4) n'ont pas été l'objet de travaux assez importants pour que nous nous y arrêtions ici.

(1) *Journ. de phys.*, vol. LXI, p. 396; 1805.

(2) *Ibid.*, vol. LXXXV, p. 42; 1817.

(3) B. G. Sage, *Observations sur les deux siphons des cornes d'Ammon.* (*Journ. de phys.*, vol. 1, p. 104; 1800.) — Denys de Montfort. *Sur une nouvelle espèce de corne d'Ammon, corne d'Ammon turbinée* (ce sont les *Turrilites costatus* et *tuberculatus* de Rouen), *ib.*, vol. XLVII, p. 141; 1798. — Desmarest, *Mém. sur deux genres de coquilles cloisonnées*, *ib.*, vol. LXXXV, p. 42; 1817. Ce sont les Baculites *gigantesque, dissimilis* et *Faujasii.*

(4) Sage, *Journ. de phys.*, vol. LX, p. 126; 1805.

De petits corps sphériques ou ellipsoïdaux, couverts de stries très-délicates, régulières, hélicoïdes, se réunissant aux deux extrémités de l'axe, avaient été signalés, dès 1785, par Dufourny de Villiers (1), dans les meulières supérieures des environs de Paris, associés avec des coquilles lacustres. En 1801, de Lamarck (2), les prenant pour une coquille de mollusque sub-uniloculaire, les désigna sous le nom de *Gyrogonites;* Coupé (3) les décrivit assez bien sans les nommer. Brard (4) les figura aussi sous le nom de *Gyrogonites;* Desmarest (5) s'en occupa également, mais ce fut Leman (6) qui reconnut leur véritable origine végétale, en les comparant à des graines de plantes aquatiques du genre *Chara*. Néanmoins, dix ans après, de Lamarck persistait à les placer dans le règne animal, entre les Miliolites et les Mélonies (7), sous le nom générique de Gyrogone (*Gyrogona*), tout en décrivant l'espèce connue alors, sous le nom de *Gyrogonites medicaginula*. Gyrogonites.

De son côté, Bosc (8) a décrit, sous le nom d'*Indusia tubulata*, des tubes de Phryganes constituant par leur accumulation une véritable roche aux environs de Moulins ; les étuis ou cylindres sont formés de petites coquilles agglutinées, et le tout est relié par un dépôt calcaire. Indusia.

J. G. Bruguières, médecin, naturaliste et voyageur, né à Montpellier en 1750, dont les travaux sur les coquilles vivantes et fossiles ont bien plus d'importance que les observations de botanique que nous avons rappelées, établit d'abord quatre divisions dans le grand genre *Anomia* de Linné : c'étaient les genres *Crania*, *Anomia*, *Terebratula* et *Placuna* (9). En Bruguières.

(1) *Académie des sciences*, 10 juin 1785.
(2) *Système des animaux sans vertèbres*, p. 401; 1801.
(3) *Journ. de phys.*, vol. LIX, p. 116; 1804.
(4) *Ann. du Muséum*, vol. XIV, p. 428, pl. 27, fig. 27, 28, 29; 1809.
(5) *Journal des mines*, vol. XXXII, p. 321; 1812.
(6) *Nouv. Bull. de la Soc. philomathique*, vol. III, n° 58, p. 108; 1812.
(7) *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, vol. VII, p. 615; 1822.
(8) *Journ. des mines*, vol. XVII, p. 397, pl. 7.
(9) *Journ. d'hist. naturelle*, vol. I, p. 419; 1792.

caractérisant le type des Térébratules, et adoptant le nom que nous avons vu proposé par Lhwyd dès 1699, il décrivit deux espèces fossiles très-remarquables des environs de Vérone, les *T. pileus* et *cor*. Dans sa coopération à l'*Encyclopédie méthodique*, Bruguières avait commencé d'utiles réformes parmi la grande classe des mollusques qu'il désignait encore, avec l'illustre naturaliste suédois, sous le nom général de *Vers*. Plusieurs genres fossiles ont été étudiés, déterminés et classés par lui avec beaucoup de sagacité ; malheureusement une fin prématurée a laissé fort incomplet ce grand travail, qui a été repris, longtemps après, par un savant très-capable de le continuer avec succès.

Denys de Montfort, F. de Roissy, Bosc.

Denys de Montfort, dans sa *Conchyliologie systématique* (1) et dans les quatre premiers volumes de l'*Histoire naturelle des Mollusques*, faisant partie des *Suites à Buffon*, éditées par Sonnini, a établi plusieurs genres pour des coquilles fossiles, particulièrement de la classe des céphalopodes où se trouvaient compris alors la plupart des rhizopodes actuels. Ces genres, soumis à un examen plus sévère, ont dû être rejetés presque tous par les conchyliologistes consciencieux, et disparaître de la nomenclature générale où ils ne méritaient pas de figurer. F. de Roissy, en continuant ce dernier ouvrage dans un meilleur esprit, n'a pas laissé que d'y mentionner tout ce qui était connu à l'état fossile sur les genres dont il a eu à traiter. On peut en dire autant de l'*Histoire naturelle des coquilles*, de Bosc, qui fait partie des *Suites à Buffon* (2).

Lamouroux.

Dans son *Exposition méthodique des genres de polypiers* (3), Lamouroux a décrit et figuré un assez grand nombre de vrais polypiers et d'autres corps fossiles, remontés plus tard dans la série zoologique et compris sous le nom de bryozoaires. Ce travail, s'il n'a pas eu une bien grande influence sur les progrès de la zoophytologie, n'en a pas moins eu le mérite d'appeler l'atten-

(1) In-8, 1808-1810.
(2) Éd. de Déterville, 1802.
(3) In-4, 1821. — *Hist. des polypiers*, in-8 avec pl., 1817.

tion sur des corps fossiles, très-négligés depuis Guettard, et d'en faire connaître un assez grand nombre, provenant de la grande oolithe du Calvados.

Le chevalier Monnet de Lamarck, né à Bazantin (Somme), en 1744 et mort en 1829, est un des savants qui ont jeté le plus d'éclat sur le Muséum d'histoire naturelle par son enseignement et ses nombreuses publications. Botaniste d'abord, il devint ensuite zoologiste éminent, sans cependant avoir poussé très-loin les études anatomiques. Il s'occupa plus particulièrement des animaux invertébrés, à la comparaison et à la classification méthodique desquels il n'a cessé de travailler pendant les vingt premières années de ce siècle. Esprit élevé, philosophique, trop philosophique même, il a souvent cherché, dans des théories abstraites sur l'origine et la succession des êtres, à développer et à propager des doctrines déjà anciennes, qui ont été vivement combattues et sont encore, aujourd'hui, soutenues par quelques adeptes, tant en France qu'à l'étranger. De Lamarck.

Mais en nous bornant à signaler dans le vaste domaine que de Lamarck a parcouru ce qui se rattache à notre sujet, nous rappellerons que c'est dans les *Annales du Muséum*, vol. I à XIV, publiés de 1802 à 1809, que ce savant a fait réellement connaître d'une manière scientifique, par de bonnes descriptions accompagnées de planches, la faune tertiaire du bassin de la Seine (1). Ce que l'on avait essayé auparavant était sans valeur, et ces mémoires sont la base fondamentale de tout ce qui a été fait depuis sur un sujet que les recherches ultérieures ont agrandi au delà de toutes prévisions. Il fallait un esprit aussi éminemment classificateur que le sien, pour ranger en aussi peu de temps, avec les données que l'on possédait alors, une telle masse de faits appartenant aux débris d'animaux invertébrés de ce bassin.

Le *Tableau de la classe des Mollusques*, dans le *Système des animaux sans vertèbres*, publié en 1801 était déjà un grand

(1) Les planches de tous ces mémoires ont été réunies sous le titre de *Recueil des planches des fossiles des environs de Paris*, in-4, 1823.

pas pour la classification générale. Mais les genres y prennent leur rang d'une manière qui laissait quelquefois à désirer quant à leurs vrais rapports naturels. Ainsi, comme nous venons de le dire, les Hippurites sont placés parmi les *céphalopodes* ou plutôt les *coquilles univalves multiloculaires*, comme il les appelle, avec certains rhizopodes, tandis que la Carinaire et l'Argonaute sont réunis aux gastéropodes ou avec les *coquilles univalves à ouverture entière sans canal à la base*. Les céphalopodes à coquilles polythalames se trouvent aussi placés à une très-grande distance des céphalopodes nus. Ces classements peu naturels furent d'ailleurs en partie modifiés dans ses travaux subséquents.

L'*Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (1) a beau-

(1) 7 vol. in-8, 1815-1822. — Nous reviendrons ici sur un fait assez important qui, malgré des démentis répétés, vient d'être encore reproduit comme vrai : c'est la prétendue existence à l'état vivant du *Cerithium giganteum*, la coquille la plus remarquable du calcaire grossier du bassin de la Seine. De Lamarck (*Hist. natur. des anim. sans vert.*, vol. VII, p. 65; 1822) raconte toute une histoire sur l'échantillon unique qu'il avait acquis de Denys de Montfort comme provenant des mers de la Nouvelle-Hollande. Mais M. Deshayes (*Descript. des coquilles foss. des env. de Paris*, vol. II, p. 300) soupçonna avec beaucoup de probabilité qu'il y avait eu de la part de Montfort une supercherie dont de Lamarck aurait été dupe. Plus tard, le témoignage de M. Kiener vint le confirmer dans sa supposition (2ᵉ éd. de l'*Hist. natur. des anim. sans vert.*, vol. II, p. 283, *Nota*), mais il se borna à consigner cette observation dans une note, maintint le *C. giganteum* en tête de la liste des *espèces vivantes* et en reproduisit encore la description parmi les espèces fossiles. Malgré ces dénégations qui auraient dû mettre en garde l'auteur du *Manuel de conchyliologie*, nous voyons M. Chenu, en donnant une figure de l'échantillon en question (vol. I, 2ᵉ partie, p. 280, 281, fig. 1884; 1860), reproduire textuellement la note écrite de la main de de Lamarck avec la date du 7 janvier 1811, note qui accompagne l'échantillon aujourd'hui dans la collection de M. Delessert, et il ajoute que c'est pour dissiper les doutes souvent manifestés à ce sujet. Mais cette reproduction tendant, au contraire, à confirmer et à perpétuer l'erreur, nous avons dû chercher de nouveau à la détruire. A cet effet, M. P. Fischer, attaché au Muséum, a examiné l'échantillon, objet de la discussion, et a constaté une circonstance qui met la supercherie hors de doute : c'est qu'à sa surface on voit adhérer, comme dans la plupart des individus de Grignon et de Courtagnon, des valves de l'*Ostrea flabellula*, partout si fréquente dans le calcaire grossier. L'individu qui, d'ailleurs, paraît avoir subi une préparation, comme on l'avait remarqué, était déjà roulé lorsque les Huîtres s'y sont fixées.

coup ajouté aux mémoires publiés dans les *Annales du Muséum*, non-seulement pour tous les fossiles tertiaires du bassin de la Seine et d'autres parties de la France, mais encore pour les polypiers, les échinodermes et les mollusques du terrain secondaire, de sorte que cet ouvrage doit rester comme le point de départ de tout ce que l'on a fait depuis.

Georges Cuvier est né à Montbéliard, le 23 août 1769, l'année même où naquirent Napoléon, Alex. de Humboldt, Wellington et Chateaubriand, c'est-à-dire plus de génies qu'il n'en faudrait pour illustrer tout un siècle! Travaux de G. Cuvier.

Jusqu'à présent les panégyristes de Cuvier ont été des zoologistes, et il nous appartient, moins qu'à tout autre, d'appeler ici des éloges qu'ils ont donnés à l'illustre naturaliste pour ses travaux d'anatomie comparée sur les animaux vivants et fossiles, et nous nous inclinerons toujours, avec un profond respect, devant une renommée si justement acquise. Mais, en ce qui concerne son importance géologique, son influence sur les progrès de la théorie de la terre, on nous permettra de ne point partager entièrement l'opinion des naturalistes qui à diverses reprises ont prononcé son éloge et de ne pas admettre avec l'un, qu'*il a créé dans la géologie un nouvel ordre d'idées dont les développements féconds ont changé le caractère de sa philosophie;* avec l'autre, que *les restes d'animaux vertébrés ont donné, entre les mains de Cuvier, les lois les plus assurées de la géologie positive;* avec un troisième, que *l'idée d'une création entière détruite et perdue venait donc enfin d'être conçue dans son ensemble*, etc.

Toutes ces phrases, dues à des plumes savantes et même éloquentes, ne sont que de brillantes hyperboles pour quiconque a étudié un peu l'histoire des sciences et cultivé suffisamment la géologie positive. Mais, avant de considérer Cuvier au point de vue du géologue, considérons-le au point de vue du zoologiste, et cherchons à donner une idée de l'immensité des services qu'il a rendus à la connaissance des animaux vertébrés fossiles.

Le mémoire sur les restes d'Éléphants fossiles, comparés aux espèces vivantes, a été lu dans la première séance publique de l'Institut, le 1er novembre 1796. L'auteur y démontre qu'ils pro- Paléozoologie.

viennent d'une espèce distincte de celles qui vivent aujourd'hui, et il annonça qu'il établirait la même distinction pour les débris fossiles de Rhinocéros, d'Ours et de Cerfs.

En 1812, les nombreux mémoires que Cuvier avait publiés successivement dans les *Annales du Muséum* furent réunis en un corps d'ouvrage, dont une seconde édition fut publiée de 1821 à 1824, sous le nom de *Recherches sur les ossements fossiles* (1). C'est à celle-ci qui fut précédée du *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, que nous devons nous arrêter.

« Le premier objet de l'ouvrage, dit M. Flourens (2), juge « si compétent sur cette matière, est la comparaison des espèces « fossiles avec les espèces vivantes, et cette comparaison porte « principalement sur deux classes d'animaux vertébrés : les « mammifères et les reptiles. L'auteur commence cette his- « toire comparative des espèces des anciens mondes et des « espèces du monde actuel par les pachydermes; il continue « par les ruminants, les carnassiers, les rongeurs, les édentés, « les cétacés, et finit par les reptiles. »

Le résultat fondamental de ces recherches est qu'aucune espèce fossile de ces deux classes n'aurait son analogue parmi les espèces vivantes, ou, en d'autres termes, que toute espèce fossile est une espèce éteinte. Quoi qu'il en soit de l'exactitude absolue de cette assertion, l'auteur, pour se prononcer, a dû revoir et étudier avec le soin le plus minutieux toutes les espèces découvertes jusqu'alors dans les couches de la terre, tous les os, dents ou fragments connus, et les comparer attentivement pour reconstruire, avec ces éléments disséminés, l'ensemble des caractères de chaque espèce, et arriver ainsi, par une marche analytique rigoureuse, à des lois précises sur la coordination de toutes les parties d'un animal.

Nous venons de dire que Cuvier avait distingué d'abord des éléphants vivants la seule espèce d'éléphant fossile connue alors, par son crâne allongé, le front concave, les alvéoles

(1) Vol. in-4 avec 7 planches.
(2) *Analyse raisonnée des travaux de G. Cuvier*, p. 164, in-12; 1841.

des défenses très-longues, la mâchoire inférieure obtuse, les dents mâchelières plus larges, parallèles, marquées de rubans plus serrés. C'est l'*Elephas primigenius* de Blumenbach, c'est le Mammouth de la Sibérie, dont les débris se retrouvent aussi dans tout le nord de l'Europe, et qui est peut-être le même que celui de l'Amérique septentrionale. Cuvier créa, comme on l'a vu, le genre *Mastodonte* avec des ossements ressemblant beaucoup à ceux de l'Éléphant, mais dont il diffère essentiellement par ses dents molaires tuberculeuses ou mamelonnées. Il a pu distinguer plusieurs espèces dans ce genre qui n'a aucun représentant dans la nature actuelle.

L'Hippopotame, au contraire, qui existe encore, lui a présenté plusieurs espèces éteintes, et il en est de même du genre Rhinocéros dont une des espèces perdues, le *R. tichorhinus*, caractérisé par ses narines cloisonnées, et qui portait deux cornes, était contemporain de l'*Elephas primigenius* avec lequel on le rencontre presque partout. Une autre espèce d'Italie, également bicorne, manquait aussi d'incisives. Les autres espèces fossiles restèrent indéterminées faute de matériaux suffisants.

La distinction du cheval fossile est moins satisfaisante, et le genre *Sus* n'avait pas encore été rencontré dans des couches antérieures à l'époque actuelle.

On a fait remarquer avec raison que, dans ses descriptions, Cuvier ne s'était astreint à aucun ordre bien déterminé, soit zoologique, soit géologique. Ainsi, il s'occupe d'abord des pachydermes de ce qu'il appelle le *terrain meuble*, avant de traiter de ceux des gypses des environs de Paris, et renverse l'ordre géologique, tandis qu'en les éloignant les uns des autres il rompt jusqu'à un certain point les affinités organiques. Il suit seulement l'ordre dans lequel ses recherches et ses découvertes ont été faites. C'est la marche que l'on peut suivre dans le travail préparatoire du cabinet, et non pas celle que l'on doit définitivement adopter dans un ouvrage où il n'est pas nécessaire de faire participer le lecteur aux tâtonnements, aux incertitudes et aux longueurs inséparables des recherches suc-

cessives; cependant, on doit reconnaître que cette manière de procéder pouvait avoir ici sa raison d'être, car aucun travail de ce genre n'ayant été entrepris, il n'était pas inutile de montrer comment, dans chaque sujet, il était arrivé de proche en proche, d'induction en induction aux conséquences les plus rationnelles et les plus frappantes. C'est une instruction profonde que l'on puise dans ces détails qui, d'ailleurs, par leur clarté et la sobriété du style, ne semblent jamais de trop à celui qui les étudie sérieusement.

Nous avons souvent eu occasion, dans le cours de ce Précis historique, de parler des travaux de Cuvier se rapportant à des animaux vertébrés fossiles de divers pays et de divers terrains; il nous reste encore, pour compléter cette esquisse bien rapide des grands résultats qu'il a obtenus par l'application de sa méthode, à indiquer ici les découvertes qu'il a faites dans les plâtrières de nos environs. La restauration de toute une faune de vertébrés inconnus sur un aussi petit point n'est pas une des moindres merveilles de la science moderne.

Dans le cadre où nous devons nous renfermer, nous ne pouvons mieux faire, pour atteindre ce but, que de suivre d'abord son savant historiographe, M. Flourens, sauf à ajouter ensuite les détails que nous croirons nécessaires. Les pachydermes dont nous allons parler sont presque tous de cette formation d'eau douce dont nous avons déterminé ci-dessus la position géologique, et que caractérisent particulièrement les amas de gypse. Ce sont les *Palæotherium*, les *Anoplotherium*, les *Lophiodon*, les *Anthracothérium*, les *Cheropotamus*, les *Adapis*.

« Les os de tous ces genres, dit le savant Secrétaire per-« pétuel de l'Académie des Sciences(1), ou plutôt de toutes ces « espèces, car la plupart de ces genres en ont plusieurs, étaient « mêlés et confondus ensemble. Il a fallu commencer par les « démêler; il a fallu rapporter ensuite chaque os à son es-« pèce; il a fallu reconstruire enfin le squelette entier de cha-« cune d'elles; et c'est ici que se montre dans toute sa force

(1) Flourens, *Analyse raisonnée*, etc., p. 179.

« la méthode imaginée par l'auteur pour cette reconstruction.

« En fait d'espèces fossiles, les dents sont toujours la pre-« mière partie à étudier et la plus importante; car on déter-« mine par les dents si l'animal est carnivore ou herbivore, et « même, dans quelques cas, à quel ordre particulier d'herbi-« vores ou de carnivores il appartient. M. Cuvier, ayant rétabli « la série complète des dents qui se trouvaient les plus com-« munes parmi celles qu'il avait recueillies, vit bientôt qu'elles « provenaient de deux espèces différentes, dont l'une était pour-« vue de dents canines saillantes, et dont l'autre en manquait.

« La seule restitution des dents donnait donc ainsi deux es-« pèces de pachydermes : l'une, à canines saillantes, est le « *Palæotherium;* l'autre, sans canines saillantes, ou à série de « dents continues, est l'*Anoplotherium*. De plus, cette seule « restitution montrait déjà, dans chacune de ces espèces, le « type d'un nouveau genre, deux genres voisins des Tapirs et « des Rhinocéros, mais deux genres entièrement perdus, car « aucun pachyderme vivant ne reproduit même génērique-« ment leur système dentaire.

« Et telle, d'un autre côté, était la rigueur des lois suivies « par l'auteur, que, les dents lui ayant donné deux genres dis-« tincts, il ne pouvait douter que toutes les autres parties du « squelette, la tête, le tronc, les pieds, toutes parties mêlées « et confondues entre elles et avec ces dents, ne fussent « aussi de deux genres déterminés. Il prévit donc aussitôt, « pour chacun de ces genres, une tête, un tronc, des pieds « d'une forme particulière, comme il leur avait trouvé un sys-« tème dentaire propre; et il ne tarda pas à trouver tout ce « qu'il avait prévu.

« Les dents étant rétablies, il fallait s'occuper de la restitu-« tion des têtes, et bientôt il fut évident qu'il y en avait aussi de « deux genres. Les pieds sont après les dents et la tête, les par-« ties les plus caractéristiques du squelette, et leur restitution « donna de même deux genres. Il ne restait donc plus qu'à rap-« porter chaque pied à sa tête et chaque tête à son système « dentaire.

« Or, la restitution des pieds de derrière en avait donné de « deux sortes, les uns à trois doigts et les autres à deux « seulement ; et la restitution des pieds de devant en avait pa- « reillement donné de deux sortes, les uns à trois doigts, les « autres à deux. S'aidant tour à tour de l'analogie générale des « espèces qu'il reproduit avec les espèces vivantes les plus voi- « sines et des rapports particuliers de proportion et de gran- « deur des diverses parties dont il s'agit, les uns avec les autres, « M. Cuvier réunit d'abord les pieds de derrière à deux doigts « avec ceux de devant qui en ont deux ; il réunit ensuite les « pieds de derrière à trois doigts à ceux de devant qui en ont « trois aussi; et, toujours guidé par la même analogie, par les « mêmes rapports, il réunit les premiers au système dentaire « sans canines saillantes, et les seconds au système dentaire à « canines saillantes.

« Il réunit successivement ainsi, pour chaque genre, tous les « os du crâne, du tronc, des extrémités ; il refait enfin leur sque- « lette entier; et à peine ce grand travail est-il terminé, que, « par un hasard singulier, un squelette à peu près complet de « l'un d'eux, trouvé à Pantin, vient confirmer tous les résultats « déjà obtenus. Dans ce squelette si heureusement découvert, tous « les os étaient réunis, joints ensemble, comme les avait réunis « Cuvier; et la nature n'avait pas agi autrement que n'avaient « agi et les lois admirables saisies par lui et sa sagacité mer- « veilleuse. »

Une première espèce de chaque genre étant ainsi recon- struite, et en quelque sorte, de nouveau rendue à la lumière, leur nombre ne tarda pas à s'accroître. Cuvier compta bien- tôt jusqu'à six espèces d'*Anoplotherium*. L'A. *commune*, de grandeur naturelle, a fourni le plus grand nombre d'os épars dans les plâtrières ; sa tête est un peu moindre que celle de l'Ane : l'A. *secundarium*, un peu plus petit que le précédent; l'A. *gracile* (sous-genre *Xiphodon*), à museau aigu, à molaires antérieures longues et tranchantes, et de la taille d'une petite Gazelle; l'A. *leporinum* (sous-genre *Dichobune*), tête moindre que celle du Renard et plus forte que celle d'un Lièvre ; mâchoires plus larges

que celles de la précédente; molaires moins comprimées, moins allongées aussi, à tubercules doubles des postérieures et plus mousses; l'*A. murinum*, à molaires plus aiguës; tête moindre que celle d'un Chevrotin; l'*A. obliquum*, de la taille du précédent, et dont la tête est caractérisée par la branche montante de la mâchoire inférieure, moins large et se dirigeant plus obliquement.

Le caractère d'une série continue de dents, qu'on observe dans ce genre, ne se retrouve parmi les mammifères quadrupèdes que chez les insectivores, tels que les Hérissons et les Musaraignes, et celui des pieds de derrière à deux doigts n'existait que dans les ruminants; mais chez ces animaux les métatarsiens sont réunis pour former le *canon* tandis qu'ils sont encore séparés dans les *Anoplotherium*.

Les débris de *Palæotherium* présentèrent aussi à Cuvier 6 espèces : le *P. medium*, dont les os du nez sont courts, le cylindre des molaires inférieures un peu plus ventru et les canines plus grosses; le *P. crassum*, de grandeur moyenne aussi, à os du nez longs, la tête un peu plus grande que celle du Pécari ou Cochon de Siam; le *P. magnum*, dont la tête égale celle des plus grands Chevaux; le *P. latum*, un peu plus petit que les deux premiers; le *P. curtum*, d'un tiers plus petit que le *P. medium*, la tête étant de la taille de celle d'un Chevreuil; le *P. minus*, dont la taille est la moitié de celle du *P. medium* et dont les molaires antérieures d'en bas n'ont pas de double croissant.

Les genres *Adapis* et *Chéropotame* ont été établis pour des restes encore peu nombreux de pachydermes provenant des mêmes gisements.

Une portion de tête et de mâchoire d'une grande espèce de carnassier appartenant à un genre de la famille des Coatis, des Ratons, etc., prouve que ces nombreux pachydermes et les autres herbivores, qui vivaient sur les bords des lacs où se déposaient le gypse et les marnes, avaient un ennemi très-redoutable, car les dents, la forme très-écartée de l'arcade zygomatique et celles des crêtes sagittales et occipitales qui caractérisent ces restes dénotent une grande force et un naturel très-féroce.

A ces débris de vertébrés déjà si nombreux dans nos plâtrières les recherches de Cuvier ont encore ajouté une mâchoire de chien fort incomplète, d'une espèce inconnue, une portion de tête et de mâchoire inférieure du genre des Genettes, et des os provenant de divers carnivores.

« C'est sans doute une chose bien admirable, dit Cuvier (1), que « cette riche collection d'ossements et de squelettes d'animaux « d'un ancien monde, rassemblée par la nature dans les car- « rières qui entourent notre ville, et comme réservée par elle « pour les recherches et l'instruction des âges précédents; « chaque jour on découvre de nouveaux débris, chaque jour « vient ajouter à notre étonnement, en nous démontrant de « plus en plus, que rien de ce qui peuplait alors le sol de cette « partie du globe n'a été conservé sur notre sol actuel, et ces « preuves se multiplieront, sans doute, à mesure qu'on y mettra « plus d'intérêt et qu'on y donnera plus d'attention. Il n'est « pas un bloc de gypse, dans certaines couches, qui ne recèle « des os. Combien de millions de ces os n'ont-ils pas déjà été « détruits depuis qu'on exploite les carrières et que l'on emploie « le gypse pour les bâtiments! Combien n'échappent pas encore « par leur petitesse à l'œil des ouvriers mêmes les plus atten- « tifs à les recueillir! On peut en juger par le morceau que je « vais décrire. Les linéaments qui s'y trouvent imprimés sont si « légers, qu'il faut y regarder de bien près pour les saisir; et ce- « pendant que ces linéaments sont précieux! Ils sont l'empreinte « d'un animal dont nous ne retrouvons pas d'autre trace, d'un « animal qui, enseveli peut-être depuis des centaines de siècles, « reparaît aujourd'hui, pour la première fois, sous les yeux des « naturalistes. »

Telles sont les remarques dont Cuvier fait précéder l'un des passages les plus curieux de son livre, celui où l'ingénieuse sagacité du naturaliste se révèle dans toute sa profondeur, jointe à une simplicité si naturelle dans l'exposition, qu'on ne sait ce que l'on doit le plus admirer, de la délicatesse de la main, de la

(1) *Recherches sur les ossements fossiles*, vol. V, p. 508. (Éd. de 1834.)

finesse du jugement ou de la clarté de l'expression. C'est de la découverte d'un petit mammifère didelphe, voisin des Sarigues, dont il est ici question, et qui prouve « cette proposition déjà « bien singulière et bien importante, dit Cuvier (p. 532), qu'il « y a dans les carrières à plâtre qui environnent Paris, à une « grande profondeur et sous diverses couches remplies de co- « quillages marins, des débris d'animaux qui ne peuvent être « que d'un genre aujourd'hui entièrement particulier à l'Amé- « rique, ou d'un autre entièrement particulier à la Nouvelle- « Hollande. »

Cuvier signale encore, comme provenant du même gisement, un rongeur du genre Loir, une mâchoire inférieure d'une autre espèce et une tête d'Écureuil. Les oiseaux dont l'existence était déjà connue depuis longtemps lui ont présenté les restes de 9 espèces, dont une d'oiseau de proie, un échassier, une Bécasse, une Chouette, une espèce voisine du Pélican et un second échassier voisin de l'Ibis. Parmi les chéloniens, il a décrit des débris de Trionyx, dont les côtes, non ossifiées dans toute la longueur, ne s'articulent point par leur extrémité inférieure avec un rebord osseux, et dont la surface de la carapace est toujours chagrinée; d'autres proviennent d'Émydes ou tortues d'eau douce. Un os frontal et un humérus de Crocodile sont les seules preuves de l'existence de reptiles sauriens sur les bords de ces anciens lacs. La classe des poissons a fourni 7 espèces : un Spare, un nouveau genre, une espèce voisine des *Amia*, une autre du Brochet, des Mormyres du Nil ou des Pœcilies de la Caroline, une sorte de Truite, une autre ressemblant au Cyprinodon, des Cyprins et plusieurs espèces inédites.

« Ainsi, dit Cuvier (p. 636), tous ceux de nos reptiles et de « nos poissons du gypse desquels on a pu obtenir des frag- « ments suffisants annoncent, comme nos coquilles, que les « couches remplies d'os de *Palæotherium* et d'autres quadru- « pèdes inconnus n'ont pas été formées dans l'eau de la mer, « et s'accordent avec tous les autres phénomènes développés « dans notre travail général sur les environs de Paris, pour

« prouver que la mer est venue envahir une région qui n'avait « été longtemps arrosée que par les eaux douces. »

Quant aux genres *Anthracotherium* et *Lophiodon*, créés aussi par le savant anatomiste, le premier comprend des espèces de pachydermes trouvées dans les dépôts tertiaires charbonneux de Cadibona, près de Savone, et dans ceux des environs du Puy-en-Vélay, le second des animaux voisins du Tapir et provenant des dépôts lacustres d'Issel (Aude), d'Argenton (Indre), des environs d'Orléans, de Soissons, de Laon et de Bouxwiller (Bas-Rhin).

Nous n'avons point eu occasion, jusqu'à présent, de parler des ruminants et des carnassiers fossiles, qui ont également fourni de nombreux sujets d'étude; mais généralement ils n'avaient point encore, à cette époque, présenté de types aussi curieux que les animaux dont nous avons parlé, et ce sont surtout les dépôts quaternaires ou diluviens, les brèches osseuses et les cavernes, qui ont offert le plus grand nombre de débris de ces deux ordres. Nous ne nous étendrons point davantage sur cette partie si importante des travaux de Cuvier, dont nous aurons souvent occasion de parler par la suite, il nous a suffi d'indiquer sommairement quelques-uns de ses résultats les plus essentiels représentés par la description de 168 espèces de vertébrés fossiles, répartis dans 50 genres, dont 15 au moins sont nouveaux.

Géologie. — Rapport de 1808.

Considérons actuellement Cuvier comme la personnification d'une certaine école géologique, ou si l'on veut paléontologique, et voyons en quoi consiste réellement les *idées* qu'on lui attribue.

Dans son *Rapport historique sur les progrès des sciences naturelles*, depuis 1789, présenté à l'Empereur le 6 février 1808 (1), il s'exprime ainsi : « Il est cependant indubitable que « les couches les plus profondes, et par conséquent les plus « anciennes parmi les secondaires, fourmillent de coquilles et « d'autres productions qu'il a été impossible de retrouver « dans aucun des parages de l'Océan; et, comme les espèces

(1) P. 195, in-8; 1810.

« semblables à celles que l'on pêche aujourd'hui n'existent « que dans les couches superficielles, on est autorisé à croire « qu'il y a eu une certaine succession dans les formes des êtres « vivants.

« Les houilles ou charbons de terre paraissent aussi être « d'anciens produits de la vie; ce sont probablement des restes « de forêts de ces temps reculés que la nature semble avoir « mis en réserve pour les âges présents. Plus utiles qu'aucun « autre fossile, elles devaient naturellement attirer de bonne « heure l'attention. Leur profondeur et la nature des couches « pierreuses qui les renferment annoncent leur antiquité; et « les espèces, toutes étrangères, de plantes qu'elles recèlent, « s'accordent avec les fossiles animaux pour prouver les varia- « tions que l'organisation a subies sur la terre.

« Il n'est pas jusqu'à l'ambre jaune qui ne recèle des in- « sectes inconnus et qui ne se trouve quelquefois dans des « fentes de bois fossiles qui ne le sont pas moins.

« A la vue d'un spectacle si imposant, si terrible même, que « celui de ces débris de la vie formant presque tout le sol sur « lequel portent nos pas, il est bien difficile de retenir son « imagination et de ne point hasarder quelques conjectures « sur les causes qui ont pu amener de si grands effets.

« Aussi, depuis plus d'un siècle, la géologie a-t-elle été si « fertile en systèmes de ce genre, que bien des gens croient « qu'ils la constituent essentiellement et la regardent comme « une science purement hypothétique. Ce que nous en avons « dit jusqu'à présent montre qu'elle a une partie tout aussi « positive qu'aucune autre science d'observation; mais nous « croyons avoir montré, en même temps, que cette partie posi- « tive n'est point encore assez complète, qu'elle n'a point en- « core assez recueilli de faits pour fournir une base suffisante « aux explications. La géologie explicative, dans l'état actuel « des sciences, est encore un problème indéterminé dont au- « cune solution ne l'emportera sur les autres tant qu'il n'y aura « pas un plus grand nombre de conditions fixées. Les systèmes « ont eu cependant le mérite d'exciter à la recherche des faits,

« et nous devons, à cet égard, de la reconnaissance à leurs « auteurs. »

Nous ne trouvons donc encore ici rien de plus que dans les *Époques de la nature;* même incertitude dans les causes, même vague dans la connaissance des effets.

Discours sur les révolutions de la surface du globe.

Cherchons maintenant à nous rendre compte de la partie théorique des vues que Cuvier a rassemblées dans son *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, publié pour la première fois en 1822 (1); peut-être y reconnaîtrons-nous encore qu'à 45 ans d'intervalle ce discours diffère bien moins qu'on ne le pense de la dernière expression des idées de Buffon.

En effet, le commencement de ce travail, imprimé douze ans après le rapport précédent, est encore une sorte de paraphrase des deuxième, troisième et quatrième *Époques de la nature.* Ce sont toujours ces aperçus généraux qui ne résument rien et n'expliquent rien. « Les déchirements, les redresse-« ments, les renversements des couches plus anciennes, dit « l'auteur (p. 18), ne laissent pas douter que des causes subites « et violentes ne les ait mises en l'état où nous les voyons, et « même la force des mouvements qu'éprouva la masse des eaux « est encore attestée par les amas de débris et de cailloux roulés « qui s'interposent en beaucoup d'endroits entre les couches « solides. La vie a donc souvent été troublée sur cette terre « par des événements effroyables. Des êtres vivants sans nom-« bre ont été victimes de ces catastrophes; les uns, habitants de « la terre sèche, se sont vus engloutis par des déluges; les « autres, qui peuplaient le sein des eaux, ont été mis à sec avec « le fond des mers subitement relevé; leurs races mêmes ont « fini pour jamais et ne laissent dans le monde que quelques « débris à peine reconnaissables pour le naturaliste. »

Nous retrouvons donc encore ici la phraséologie et toutes ces *grandes machines*, comme les appelait de Saussure, qu'invoquaient les naturalistes des XVIIe et XVIIIe siècles. Ainsi, pour

(1) Nous suivons ici la 6e éd. de ce livre, publiée en 1830: c'est la dernière qu'ait revue l'auteur.

Cuvier, en 1822, comme pour Buffon, en 1778, il n'y avait que des montagnes primitives, une masse considérable de dépôts sédimentaires postérieurs, renfermant des débris organiques, puis les résultats du phénomène diluvien qui tient toujours une grande place dans ce genre de spéculations, en raison de la grosseur des animaux que ses dépôts présentent, et non en raison de son importance réelle, puisque ce phénomène, tel qu'on le comprenait alors, n'était pas une époque mesurable dans la durée des temps, mais bien une action brusque, rapide, générale, interrompant momentanément l'ordre régulier de la nature; c'était un instant de trouble et non une période.

(P. 19-20.) Cuvier reproduit les erreurs, bien excusables pour Buffon et de la Métherie, que les montagnes et les roches les plus élevées sont les plus anciennes et renferment d'autant moins de fossiles ; mais, pour le collaborateur d'Alexandre Brongniart, le collègue de Ramond et d'Alexandre de Humboldt, le contemporain des observations de Buckland dans les Alpes, de pareilles assertions ne sont plus pardonnables. On savait alors que les montagnes dites primitives sont loin d'être toujours celles qui s'élèvent au-dessus des neiges perpétuelles, et tout le raisonnement qui s'applique à la composition générale des chaînes est la reproduction de ce que nous avons vu exposé par Pallas, à Saint-Pétersbourg, l'année même où parurent en France les *Époques de la nature*.

On y voit bien germer l'idée de la succession des êtres organisés, mais à l'état de simple raisonnement, *à priori*, comme faisaient les anciens, sans exemples à l'appui, sans démonstration directe, ce que cependant permettaient déjà les matériaux recueillis à cette époque.

L'examen des *causes actuelles*, auquel l'auteur se livre ensuite, telles que les alluvions, les dunes, les éboulements, les falaises, les dépôts au fond des lacs et de la mer, les stalactites, les lithophytes, les incrustations, les volcans, les causes astronomiques constantes, cet examen, disons-nous, est tout à fait insuffisant pour justifier ses conclusions, et sa revue rétrospective des anciens systèmes cosmogoniques est bien inférieure à ce qui

avait été écrit seulement en France par de la Métherie et par Desmarest. En outre, ici, comme dans son *Histoire des sciences naturelles*, Cuvier s'attache plus à faire ressortir les erreurs qu'à signaler et à distinguer les bonnes observations et les idées justes. Loin de le suivre dans cette voie, nous reproduirons au contraire les passages suivants, où d'abord, sous la forme interrogative, les questions les plus importantes à résoudre sont posées par lui avec une profonde sagacité, et où ensuite le but et l'utilité de l'étude des fossiles sont beaucoup mieux définis et mieux présentés qu'on ne l'avait encore fait.

(P. 56.) « Y a-t-il des animaux, des plantes propres à certaines couches, et qui ne se trouvent pas dans les autres? « Quelles sont les espèces qui paraissent les premières ou celles « qui viennent après? Ces deux sortes d'espèces s'accompagnent-elles quelquefois? Y a-t-il des alternatives dans leur « retour; ou, en d'autres termes, les premières reviennent-elles « une seconde fois, et alors les secondes disparaissent-elles? « Ces animaux, ces plantes, ont-ils tous vécu dans les lieux où « l'on trouve leurs dépouilles, ou bien y en a-t-il qui aient été « transportés d'ailleurs? Vivent-ils encore tous aujourd'hui « quelque part, ou bien ont-ils été détruits en tout ou en partie? Y a-t-il un rapport constant entre l'ancienneté des couches et la ressemblance ou la non-ressemblance des fossiles « avec les êtres vivants? Y en a-t-il une de climat entre les « fossiles et ceux des êtres vivants qui leur ressemblent le « plus? Peut-on en conclure que les transports de ces êtres, s'il « y en a eu, se soient faits du N. au S., ou de l'E. à l'O., ou par « irradiation ou mélange, et peut-on distinguer les époques de « ce transport par les couches qui en portent les empreintes?

« Que dire sur les causes de l'état actuel du globe, si l'on ne « peut répondre à ces questions, si l'on n'a pas encore de motifs « suffisants pour choisir entre l'affirmative ou la négative? Or, « il n'est que trop vrai que pendant longtemps aucun de ces « points n'a été mis absolument hors de doute, qu'à peine même « semblait-on avoir songé qu'il fût bon de les éclaircir avant « de faire un système.

« On trouvera la raison de cette singularité, si l'on réfléchit « que les géologistes ont tous été ou des naturalistes de cabinet « qui avaient peu examiné par eux-mêmes la structure des « montagnes, ou des minéralogistes qui n'avaient pas étudié « avec assez de détail les innombrables variétés des animaux « et la complication infinie de leurs diverses parties. Les pre- « miers n'ont fait que des systèmes, les derniers ont donné « d'excellentes observations; ils ont véritablement posé les « bases de la science, mais ils n'ont pu en achever l'édifice.

« En effet, la partie purement minérale du grand problème « de la théorie de la terre a été étudiée avec un soin admirable « par de Saussure, et portée depuis à un développement éton- « nant par Werner et par les nombreux et savants élèves qu'il « a formés... D'autres savants étudiaient, à la vérité, les « débris fossiles des corps organisés; ils en recueillaient et en « faisaient représenter par milliers; leurs ouvrages seront des « collections précieuses de matériaux; mais, plus occupés des « animaux et des plantes, considérés comme tels, que de la « théorie de la terre, en regardant ces pétrifications ou ces « fossiles comme des curiosités plutôt que comme des docu- « ments historiques, ou bien, enfin, se contentant d'explica- « tions partielles sur le gisement de chaque morceau, ils ont « presque toujours négligé de rechercher les lois générales de « position ou de rapport des fossiles avec les couches.

« Cependant l'idée de cette recherche était bien naturelle. « Comment ne voyait-on pas que c'est aux fossiles seuls qu'est « due la naissance de la théorie de la terre; que sans eux « l'on n'aurait peut-être jamais songé qu'il y ait eu dans la for- « mation du globe des époques successives et une série d'opé- « rations différentes? Eux seuls, en effet, donnent la certitude « que le globe n'a pas toujours eu la même enveloppe, par la « certitude où l'on est qu'ils ont dû vivre à la surface avant « d'être ainsi ensevelis dans la profondeur. Ce n'est que par « analogie que l'on a étendu aux terrains primitifs la conclusion « que les fossiles fournissent directement pour les terrains se- « condaires, et, s'il n'y avait que des terrains sans fossiles,

« personne ne pourrait soutenir que ces terrains n'ont pas été « formés tous ensemble. »

Cette dernière phrase n'est cependant plus exacte et montre les préoccupations du zoologiste, car la stratification et la superposition des couches de même nature ou de natures différentes, non-seulement suffisent pour faire voir qu'elles se sont déposées les unes après les autres, mais encore c'est cette même superposition qui a permis de reconnaître la succession des divers êtres organisés eux-mêmes, ou, en d'autres termes, la série des couches sédimentaires d'un pays donnée pouvait être déterminée par la simple observation directe, tandis que la succession des faunes et des flores qu'elles renferment exigeait cette constatation préalable de l'ordre chronologique des dépôts.

(P. 62.) Cuvier indique ici la préférence que dans ses recherches il a donnée aux débris de vertébrés sur ceux des invertébrés. Il avait, en effet, parfaitement le droit de choisir le champ de ses études; mais dire que les ossements de quadrupèdes pouvaient conduire, par plusieurs raisons, à des résultats plus rigoureux qu'aucune autre dépouille de corps organisés, qu'ils caractérisent d'une manière plus nette les révolutions qui les ont affectés, que, pour les coquilles, les changements d'espèces pourraient provenir de changements légers dans la nature du liquide, que dans le fond de la mer certaines espèces et certains genres, après avoir occupé plus ou moins longtemps des espaces déterminés, ont pu en être chassés par d'autres, tandis que l'apparition des os de quadrupèdes, et surtout celle de leurs cadavres entiers, annonce que la couche même qui les porte était autrefois à sec, que c'est par eux que nous apprenons les irruptions répétées de la mer, dont les produits marins seuls ne nous auraient pas instruits, et que c'est par leur étude que nous pouvons espérer de reconnaître le nombre et les époques de ces irruptions, etc., etc., tout cela n'est pas sérieux, c'est méconnaître la nature même des choses, c'est entasser supposition sur supposition, incertitude sur incertitude, et aucun géologue pratique n'admettra les raisonnements du célèbre anatomiste, qui n'avait nul besoin d'ailleurs de ces petits paradoxes pour justifier

son choix, pour motiver la direction de ses travaux. Ceux-ci avaient par eux-mêmes un but assez élevé pour qu'il ne fût pas nécessaire de l'appuyer par des raisonnements auxquels nous opposerons les remarques suivantes.

La plus simple réflexion fait voir que les animaux invertébrés marins ou d'eau douce, qui ont vécu dans le milieu et le plus ordinairement à la place même, où se sont formés les sédiments qui les renferment, et qui nous traduisent, par conséquent, toutes les conditions physiques ou les circonstances environnantes, que ces invertébrés, disons-nous, ont une bien autre valeur et un bien autre caractère de précision que des débris de quadrupèdes terrestres ou amphibies. Ces derniers, en effet, ont vécu dans d'autres conditions, à un moment et à une distance du lieu de leur enfouissement que rien ne nous permet de fixer rigoureusement, car l'*habitat* et la contemporanéité des mammifères terrestres trouvés dans des couches marines ou lacustres reste toujours à prouver, et on l'admet plutôt par la difficulté de prouver le contraire que par la démonstration du fait lui-même, tandis que les restes d'animaux aquatiques portent avec eux la démonstration.

Les restes de mammifères fossiles sont d'ailleurs, dans le plus grand nombre des cas, de même que les coquilles fluviatiles, lacustres et terrestres avec lesquelles on les trouve, restreints à des bassins limités, sans relations directes entre eux, et dont le parallélisme des couches ne peut pas être déterminé avec la même rigueur que celui des couches marines, continues, au contraire, comme les eaux de mer où elles se sont déposées.

Les quadrupèdes fossiles ne sont guère connus que par les excavations artificielles; ils sont toujours, comparativement, plus ou moins rares; sans elles on ne les connaîtrait pas, et l'on ne peut pas faire ouvrir des carrières partout où cela serait supposé nécessaire. Nous avons déjà insisté sur cette circonstance, à laquelle il faut en ajouter une autre plus importante encore, c'est la continuité des horizons ou niveaux géologiques déterminés par la présence, sur d'immenses étendues, des mêmes animaux aquatiques marins qui se sont reproduits et multipliés à profusion, sous l'empire des mêmes conditions, qui ont cessé partout en même temps

ou à très-peu près comme ils avaient commencé, et qui nous offrent ainsi un chronomètre naturel d'une certitude que ne peuvent jamais avoir pour l'observateur les débris de mammifères et de reptiles épars ou accumulés çà et là par des causes irrégulières, locales, indépendantes des phénomènes de la sédimentation ou qui n'en sont qu'un résultat secondaire. Ce raisonnement semble se présenter si naturellement à l'esprit, qu'on s'étonne de l'importance accordée à l'opinion inverse, d'autant plus que dès 1808 et 1810, Cuvier et Alex. Brongniart, ainsi que nous l'avons dit, avaient été les premiers à constater toute la valeur des invertébrés comme moyen de repère dans la détermination du synchronisme des dépôts marins, ou de leur continuité sur d'assez grandes étendues.

Les pages suivantes (64-96), consacrées à démontrer qu'il y a peu d'espérance de découvrir de nouvelles espèces de grands quadrupèdes, prouvent encore les préoccupations zoologiques de l'auteur et l'idée incomplète qu'il se faisait de la géologie positive et de l'immensité des temps écoulés. Il ne s'occupe guère que de deux périodes : l'une comprenant ce que nous appelons aujourd'hui les faunes quaternaire, tertiaires supérieure et moyenne ; l'autre, qui était plus ancienne, les couches lacustres et gypseuses de Montmartre, etc. Les vues de Cuvier sont donc ici très-courtes, parce qu'il prend un sujet très-limité, par rapport aux généralités qu'il en voudrait déduire. En 1820, la connaissance des terrains secondaire et de transition était assez avancée pour rendre ses prétentions injustifiables et pour ne pas admettre la suprématie des vertébrés dans l'étude des terrains. En parlant avec dédain des *géologues de cabinet*, il ne se montre ici, lui-même, qu'un paléontologiste de cabinet, et n'eût pas pu tracer le moindre profil stratigraphique avec toutes ses connaissances ostéologiques. A quoi lui eussent-elles servi pour faire une simple coupe de la Salpêtrière à Meudon, par exemple? Or, l'application directe est la pierre de touche de l'utilité d'une science, et ici un fragment de coquille, d'échinide, de polypier, que l'on est toujours plus ou moins sûr de rencontrer sous son marteau, est un indice infiniment plus certain que ces rares débris de quadrupèdes.

Il est donc évident pour nous que Cuvier ne comprenait pas la paléontologie dans son véritable sens, lorsqu'il cherchait à l'appliquer, c'est-à-dire qu'il n'accordait pas aux divers corps organisés fossiles une importance proportionnée à leur utilité réelle dans l'étude de la géologie sédimentaire, ni dans l'histoire générale de la vie à la surface du globe, puisque les mammifères terrestres n'apparaissent que fort tard dans cette histoire et que les reptiles à la vérité plus anciens sont toujours plus ou moins rares. En cela il était moins avancé que Buffon.

Si Cuvier eût travaillé seul ou entouré de zoologistes et de ses élèves, on comprendrait qu'il se fût isolé dans sa propre et haute personnalité, comme cela se voit souvent; mais ayant travaillé avec le savant qui le premier a le mieux compris en France les vrais rapports de la zoologie fossile avec la géologie proprement dite, cela se conçoit moins. Comment l'esprit fin et sagace d'Alexandre Brongniart avec qui Cuvier faisait des excursions géologiques n'a-t-il pas réagi sur les idées de ce dernier! Brongniart n'était pas pour Cuvier ce qu'étaient Daubenton, l'abbé Bexon et autres, pour Buffon; il était beaucoup plus que cela, comme nous le dirons tout à l'heure, mais son action n'a point été effective ou du moins assez continue.

(P. 97.) Les principes de détermination que donne ensuite Cuvier sont de la pure zoologie comparée, et il termine l'exposé des résultats généraux de ses recherches en disant : « C'est ainsi que nous avons déterminé et classé les restes de « plus de 150 mammifères ou quadrupèdes ovipares. Considérés par rapport aux espèces, plus de 90 de ces animaux « sont bien certainement inconnus jusqu'à ce jour des naturalistes; 11 ou 12 ont une ressemblance si absolue avec des « espèces connues, que l'on ne peut guère conserver de doute « sur leur identité; les autres présentent avec des espèces « connues beaucoup de traits de ressemblance, mais la comparaison n'a pu encore en être faite d'une manière assez scrupuleuse pour lever tous les doutes.

« Considérés par rapport aux genres, sur les 90 espèces inconnues il y en a près de 60 qui appartiennent à des genres

« nouveaux ; les autres espèces se rapportent à des genres ou « sous-genres connus.

« Il n'est pas inutile de considérer aussi ces animaux par « rapport aux classes et aux ordres auxquels ils appartiennent. « Sur les 150 espèces, un quart environ sont des quadrupèdes « ovipares, et toutes les autres des mammifères. Parmi celles-ci, « plus de la moitié appartiennent aux animaux à sabots non « ruminants.

« Toutefois, il serait encore prématuré d'établir sur ces « nombres aucune conclusion relative à la théorie de la terre, « parce qu'ils ne sont point en rapport nécessaire avec les nom- « bres des genres ou des espèces qui peuvent être enfouis dans « nos couches. »

(P. 112.) Quant à l'ordre d'apparition des espèces connues, il résulte des recherches précédentes que les quadrupèdes ovipares se sont montrés avant les vivipares, et qu'ils sont même plus abondants, plus forts et plus variés dans les anciennes couches qu'à la surface actuelle du globe. Les Monitors de la Thuringe sont les plus anciens ; mais Cuvier, qui semble avoir peu de confiance dans les déterminations stratigraphiques de l'école de Werner, ajoute : « Si les schistes cuivreux qui les « renferment au milieu de toutes sortes de poissons que l'on « croit d'eau douce sont au nombre des plus anciens lits du « terrain secondaire? » Or on sait que la véritable position de ces schistes cuivreux était établie bien avant Werner, et il y avait déjà plus de 60 ans, lorsque Cuvier émettait encore ce doute.

Les Ichthyosaures, les Plésiosaures, les Tortues, plusieurs Crocodiles existent dans les divers dépôts jurassiques, le grand saurien et la Tortue de Maestricht dans la craie supérieure, et nous en avons cité sur bien d'autres points dans des couches différentes, de sorte qu'il existait des terres émergées et des eaux douces pendant le dépôt de ces dernières. A une seule exception près, les mammifères ne s'étaient pas encore montrés.

Cuvier signale des restes de mammifères marins, Phoques et Lamantins, dans le calcaire grossier des environs de Paris.

Mais, lors de la première édition du *Discours* que nous analysons, les restes d'*Anoplotherium* et de *Lophiodon* trouvés depuis dans le calcaire grossier supérieur de Nanterre ne lui étaient pas connus.

(P. 115.) « Il est à remarquer, dit-il plus loin, que ces « calcaires grossiers, ceux dont on se sert à Paris pour bâtir, « sont les derniers bancs qui annoncent un séjour long et tran-« quille de la mer sur nos continents. Après eux on trouve « bien encore des terrains remplis de coquilles et d'autres pro-« duits de la mer; mais ce sont des terrains meubles, des « sables, des marnes, des grès, des argiles, qui indiquent plu-« tôt des transports plus ou moins tumultueux qu'une précipi-« tation tranquille; et, s'il y a quelques bancs pierreux et ré-« guliers un peu considérables au-dessous et au-dessus de ces « terrains de transport, ils donnent généralement des marques « d'avoir été déposés dans l'eau douce.

« Presque tous les os connus de quadrupèdes vivipares sont « donc, ou dans ces terrains d'eau douce, ou dans ces terrains « de transport, et par conséquent il y a tout lieu de croire que « ces quadrupèdes n'ont commencé à exister, ou du moins à « laisser de leurs dépouilles dans les couches que nous pouvons « sonder, que depuis l'avant-dernière retraite de la mer, et « pendant l'état de choses qu'a précédé sa dernière irruption.

« Mais il y a aussi un ordre dans la disposition de ces os entre « eux, et cet ordre annonce encore une succession très-remar-« quable entre leurs espèces. D'abord, tous les genres incon-« nus aujourd'hui, les *Palæotherium*, les *Anoplotherium*, etc., « sur le gisement desquels on a des notions certaines, appar-« tiennent aux plus anciens des terrains dont il est ici question, « à ceux qui reposent immédiatement sur le calcaire grossier, « quelquefois dans le calcaire grossier lui-même... Les plus « célèbres des espèces inconnues qui appartiennent à des « genres connus ou à des genres très-voisins de ceux que l'on « connaît, comme les Éléphants, les Rhinocéros, les Hippo-« potames, les Mastodontes fossiles, ne se trouvent point avec « ces genres plus anciens. C'est dans les seuls terrains de

« transport qu'on les découvre, tantôt avec des coquilles de « mer, tantôt avec des coquilles d'eau douce, mais jamais dans « des bancs pierreux réguliers. Tout ce qui se trouve avec ces « espèces est ou inconnu comme elles ou au moins douteux.

« Enfin, les os d'espèces qui paraissent les mêmes que les « nôtres ne se déterrent que dans les derniers dépôts d'allu- « vions formés sur les bords des rivières, sur les fonds d'an- « ciens étangs ou marais, dans les couches de tourbe, dans les « fentes et les cavernes de quelques rochers, etc. »

Ainsi, à l'époque où Cuvier écrivait, il confondait ou mettait ensemble les dépôts tertiaires moyens, supérieurs et quaternaires; il ne connaissait guère, en fait de terrain tertiaire, que celui des environs de Paris, et tient peu de compte de ce qui avait été fait en Italie et en Angleterre; il ne semble connaître ni les travaux de W. Smith sur le terrain secondaire de cette île, ni ceux de Buckland et de Webster sur le terrain tertiaire, ni la carte générale de Greenough, etc. Quant à sa conclusion (p. 121), elle est d'ailleurs très-large et très-réservée à la fois, et bien différente de celle que l'on émettrait actuellement. « On « m'accordera, dit-il, qu'il y a eu au moins une et très-proba- « blement deux successions dans la classe des quadrupèdes « avant celle qui peuple aujourd'hui la surface de nos con- « trées. »

Notre illustre anatomiste traite ensuite la question des espèces perdues qui ne sont pas des variétés des espèces vivantes, et le prouve péremptoirement par la stabilité des caractères fondamentaux de l'espèce. « Il n'y a donc dans les faits connus, « dit-il en terminant (p. 132), rien qui puisse appuyer le « moins du monde l'opinion que les genres nouveaux que j'ai « découverts ou établis parmi les fossiles, non plus que ceux « qui l'ont été par d'autres naturalistes, les *Palæotherium*, les « *Anoplotherium*, les *Mégalonyx*, les Mastodontes, les Ptéro- « dactyles, les Ichthyosaures, les Plésiosaures, etc., aient pu « être les souches de quelques-uns des animaux d'aujourd'hui, « lesquels n'en différeraient que par l'influence du temps ou du « climat; et, quand il serait vrai, ce que je suis loin de croire,

« que les Éléphants, les Rhinocéros, les Cerfs gigantesques, « les Ours fossiles ne diffèrent pas plus de ceux d'à présent « que les races des chiens ne diffèrent entre elles, on ne pour-« rait pas conclure de là l'identité d'espèces, parce que les « races des chiens ont été soumises à l'influence de la domes-« ticité, que ces autres animaux n'ont ni subie ni pu subir.

« Au reste, lorsque je soutiens que les bancs pierreux con-« tiennent les os de plusieurs genres, et les couches meubles « ceux de plusieurs espèces qui n'existent plus, je ne prétends « pas qu'il ait fallu une création nouvelle pour produire les « espèces aujourd'hui existantes. Je dis seulement qu'elles « n'existaient pas dans les lieux où on les voit à présent, et « qu'elles ont dû y venir d'ailleurs. »

Cuvier expose ici l'hypothèse des migrations géographiques dont les personnes peu familiarisées avec la connaissance des terrains ont souvent abusé. Elle consiste à supposer qu'un continent s'étant abaissé, ou sa surface ayant été envahie par les eaux, les animaux qui vivaient sur cette surface ont été enfouis dans les nouveaux sédiments, puis que dans le même temps une région voisine s'est élevée au-dessus du niveau de la mer, ce qui a permis à des animaux qui vivaient plus loin d'émigrer pour venir habiter cette terre nouvellement émergée; si alors l'ancien continent vient à être de nouveau porté au-dessus des eaux et mis en relation avec l'une des terres précédentes, la population de celle-ci s'établira sur les anciennes qui avaient été enfouies lors de la première submersion.

En supposant cette hypothèse fondée, on voit encore qu'elle ne serait applicable qu'aux animaux terrestres qui peuvent se déplacer, et par conséquent à une assez petite partie de l'histoire de la terre. Quant aux reptiles, leur migration serait peu probable; et, si celle des poissons est plus admissible, la plus grande quantité des animaux inférieurs n'en est pas susceptible directement, comme le prouve leur distribution et leur limitation géographiques actuelles. Ce ne serait que par le transport des germes que ces migrations et ce repeuplement pourraient avoir lieu, et le phénomène serait d'ailleurs, pour

les animaux aquatiques, inverse de celui qui est supposé par l'auteur pour les animaux terrestres.

Mais depuis que cette idée a été émise, rien n'est venu en démontrer la réalité. Toutes les données acquises, et elles sont aujourd'hui bien autrement nombreuses que celles que Cuvier avait à sa disposition, ont prouvé au contraire que, sauf quelques circonstances particulières très-restreintes et faciles à expliquer, le grand fait de la succession non interrompue des êtres dans le temps, l'absence du retour aux mêmes formes, est l'expression de la loi générale qui régit la nature, loi sur laquelle Cuvier ne pouvait avoir que des idées très-vagues et fort incomplètes, car il lui manquait encore trop d'anneaux pour placer bout à bout et réunir toute la série des chaînons plus ou moins brisés et discontinus des âges de la terre.

(p. 135) Cuvier s'attache ensuite à démontrer qu'il n'y a point d'os humains fossiles; que les os de l'homme se conservent aussi bien que ceux des animaux quand ils se trouvent dans les mêmes conditions. « Tout porte à croire, dit-il « (P. 142), que l'espèce humaine n'existait point dans le pays « où se découvrent les os fossiles, à l'époque des révolutions « qui ont enfoui ces os, car il n'y aurait eu aucune raison « pour qu'elle échappât tout entière à des catastrophes aussi « générales, et pour que ses restes ne se retrouvassent pas au-« jourd'hui comme ceux des autres animaux; mais je n'en « veux pas conclure, poursuit-il, que l'homme n'existait pas « du tout avant cette époque. Il pouvait habiter quelques con-« trées peu étendues, d'où il a repeuplé la terre après ces évé-« nements terribles; peut-être aussi les lieux où il se tenait « ont-ils été entièrement abîmés, et ses os ensevelis au fond « des mers actuelles, à l'exception du petit nombre d'individus « qui ont continué son espèce. »

Ainsi nous voilà, en 1822, retombés en plein déluge biblique avec les variantes obligées, tout comme aux XVIIe et XVIIIe siècles! Encore une de ces vieilles racines que l'éminent naturaliste du XIXe siècle n'a pu extirper, encore une de ces vagues hypothèses traditionnelles à l'influence de laquelle son

esprit, ordinairement si positif et si pratique, n'a pu se soustraire. Est ce un doute de sa part, là où il n'y avait en effet aucune preuve? il serait très-naturel et motivé; si c'est une concession, nous ne l'en féliciterons pas.

Il pouvait d'ailleurs dire que l'établissement de l'homme, dans les pays où l'on avait cité des animaux terrestres fossiles, était postérieur non-seulement au phénomène par suite duquel ces os ont été enfouis, mais encore à celui qui a émergé les couches où ils se trouvent, et qui sont les dernières formées. On ne possédait alors aucune donnée sur la contemporanéité de ces animaux avec l'espèce humaine ; les allusions indirectes au texte de la *Genèse* n'étaient donc nullement nécessaires.

En recherchant dans la formation des deltas, des dunes et des tourbières, etc., les preuves physiques du peu d'ancienneté de l'état actuel des continents, thèse que nous avons vue si longuement développée par de Luc, Cuvier se borne à citer quelques points des côtes de l'Europe; mais nous avons rappelé (*antè* p. 323) quelques-unes des évaluations modernes relatives à l'ancienneté des alluvions des grands fleuves, évaluations qui laissent bien loin derrière elles, tout en les confirmant, celles des périodes de Buffon. Ici, Cuvier, au lieu d'agrandir la question, la restreint aux proportions les plus exiguës, en la ramenant à des recherches sur les résultats artistiques ou scientifiques des anciens, et aux chroniques de quelques peuples. Quant aux traditions des Égyptiens, des Juifs et des Grecs, elles semblent être si peu anciennes ou si peu complètes, lorsqu'on cherche à remonter à celles de l'Inde, de la Chine et d'autres nations dont les origines nous sont inconnues, qu'on ne peut rien conclure de pareils documents.

Si les monuments astronomiques ne portent pas de dates très-reculées, cela prouve seulement ou l'ignorance des peuples, ou que les observations les plus anciennes ne nous sont point parvenues. Les populations de la Polynésie, de l'Australie, de l'Afrique centrale, les Sauvages de l'Amérique, etc., pourraient avoir vécu des milliers d'années avant les Chaldéens

sans qu'aucun germe de science se fût développé chez elles. Par conséquent, l'absence ou le peu d'ancienneté des recherches scientifiques ne peut pas être une preuve de la nouveauté d'un peuple; il n'y a ici aucune relation entre la cause présumée et l'effet.

De ce que la culture des sciences ne remonte pas bien haut dans l'histoire de l'humanité, on n'est pas en droit d'en conclure que l'espèce humaine n'est pas fort ancienne. Nous ignorons complétement les conditions et la longueur de temps exigées pour que, de l'ignorance profonde où sont encore aujourd'hui certains peuples, ils puissent arriver, par exemple, à la connaissance du mouvement de Sirius. Les monuments de l'art, ceux de l'industrie et les traditions nous semblent encore très-insuffisants pour déterminer l'ancienneté absolue de la race humaine en général, et nous sommes toujours obligés d'interroger les phénomènes de la nature si nous voulons trouver quelques éclaircissements à cet égard (1).

Cependant Cuvier consacre cent vingt pages de son livre à prouver, par des recherches historiques, astronomiques, et par la discussion de documents de diverses natures, la nouveauté des continents, et que l'antiquité excessive attribuée à

(1) Ceci est, on le conçoit, tout à fait indépendant des questions d'unité ou de pluralité de l'espèce humaine, d'un seul ou de plusieurs centres de création, de simultanéité ou de non-simultanéité de ceux-ci, des affinités ou des dissemblances des races, des migrations par telle ou telle cause, dans telle ou telle direction, etc., questions qui sont toutes anthropologiques ou de zoologie géographique et simplement de *relations*, tandis que les seules qui nous intéressent ici sont des *questions de temps* que les *précédentes* sont impuissantes à résoudre. L'anthropologie est muette à cet égard comme la philologie ou la linguistique, comme l'archéologie, en un mot comme toutes les manifestations de la pensée humaine antérieures à celle de la mesure du temps, aux moyens de l'exprimer et d'en transmettre les résultats aux générations qui se sont succédé. C'est l'absence de ces données directes qui force à recueillir tous les faits qui, même par des voies détournées, permettraient d'évaluer approximativement la durée de ces âges de l'humanité antérieurs à toute chronique écrite. C'est d'ailleurs un sujet sur lequel nous aurons occasion de revenir dans la seconde partie du cours de cette année.

certains peuples n'a rien d'historique. Nous pensons que ces documents ne prouvent absolument rien pour le fond de la question. Si l'on tient compte, au contraire, de cette croyance générale à un déluge, que l'on retrouve dans la tradition de tous les peuples, et si l'on étudie attentivement les caractères de ce phénomène supposé général et ceux des dépôts qui se sont évidemment formés depuis, c'est-à-dire si l'on compare des effets comparables et de même ordre, qui partout montrent clairement une *successivité* réelle, on aura des motifs bien autrement concluants et concordants pour reporter à des milliers de siècles plus loin qu'on ne le fait le phénomène dont les traditions nous ont conservé le souvenir.

Nous arriverons ainsi, sinon à obtenir une évaluation numérique absolue, ce qui ne sera peut-être jamais possible, du moins à des données d'ancienneté relative concordantes et ayant un degré de probabilité satisfaisant. Que prouvent ces traditions? un fait d'accord avec l'observation; mais elles ne prouvent rien quant au temps. Il peut et il doit même y avoir un laps ou un hiatus incommensurable pour nous entre ce fait et les données scientifiques, archéologiques ou autres qui le rappellent seulement. Cet hiatus nous est prouvé par les résultats de l'observation des faits naturels en opposition avec le peu d'ancienneté que l'on voudrait attribuer à l'état actuel des choses, résultats qui, seuls, nous offrent des chronomètres en rapport avec la durée du temps.

Voyons maintenant quelles sont les conclusions de Cuvier.

« Je pense donc, dit-il (p. 290), avec MM. de Luc et Dolo-
« mieu, que s'il y a quelque chose de constaté en géologie,
« c'est que la surface de notre globe a été victime d'une grande
« révolution, dont la date ne peut remonter beaucoup au delà
« de cinq ou six mille ans; que cette révolution a enfoncé et
« fait disparaître le pays qu'habitaient auparavant les hommes
« et les espèces des animaux aujourd'hui les plus connus;
« qu'elle a au contraire mis à sec le fond de la dernière mer
« et en a formé les pays aujourd'hui habités; que c'est depuis
« cette révolution que le petit nombre des individus épargnés

« par elle se sont répandus et propagés sur les terrains nou-
« vellement mis à sec, et que, par conséquent, c'est depuis
« cette époque seulement que nos sociétés ont repris une
« marche progressive, qu'elles ont formé des établissements,
« élevé des monuments, recueilli des faits naturels et combiné
« des systèmes scientifiques.

« Mais ces pays aujourd'hui habités, et que la dernière révo-
« lution a mis à sec, avaient déjà été habités auparavant, sinon
« par des hommes, du moins par des animaux terrestres; par
« conséquent, une révolution précédente, au moins, les avait
« mis sous les eaux, et si l'on peut en juger par les différents
« ordres d'animaux dont on y trouve des dépouilles, ils avaient
« peut-être subi jusqu'à deux ou trois irruptions de la mer. »

Nous avons reproduit ces passages pour montrer combien, dès qu'il sortait de ses études spéciales, Cuvier se trouvait au-dessous de ce que l'on savait de son temps, non-seulement en Europe, mais encore en Amérique. Invoquer ici de Luc et de Dolomieu, c'est n'être pas plus avancé que les professeurs de géologie du Collége de France et du Muséum d'histoire naturelle dont nous parlerons tout à l'heure. Ces conclusions ne sont encore qu'une de ces formules variées quant à la forme, et à l'abri desquelles les anciens auteurs se croyaient obligés de mettre leurs observations pour les faire accepter. Où sont, en effet, les preuves de cette révolution qui aurait déprimé et fait disparaître les pays habités par les hommes, avec les espèces d'animaux aujourd'hui les plus connus? de cette révolution qui aurait mis à sec le fond de la mer et formé les pays actuellement habités? Où sont les indices de ce mouvement de bascule en sens inverse de deux portions de la croûte terrestre à cette époque? Comment un esprit aussi positif, aussi logique, aussi sagace que celui de Cuvier, lorsqu'il s'agit de reconstruire tout un animal avec quelques fragments d'os, a-t-il pu s'égarer ainsi en se mettant à la suite des rêveurs de tous les temps?

S'il y a quelque chose de démontré pour quiconque suit sur une carte la distribution des dépôts les plus récents, c'est leur coordination géographique et orographique avec ceux qui les ont

immédiatement précédés; c'est que la mer n'a été pour rien dans cette dernière révolution, puisque, excepté dans son voisinage immédiat ou à une faible distance des côtes actuelles, le long de quelques fleuves et non loin de leur embouchure, les dépôts quaternaires, ceux avec des débris de grands mammifères qui préoccupaient tant et à si juste titre le célèbre anatomiste, ces dépôts, disons-nous, ne renferment aucun débris marin de cette courte période. En outre, loin de se coordonner avec d'anciens rivages, ils rayonnent constamment à partir des reliefs actuels du sol. Aucun fond de mer d'une certaine étendue n'a été émergé alors, et l'auteur eût été sans doute fort embarrassé de citer quelques myriamètres carrés qui fussent dans ce cas.

Toutes ses assertions sont donc sans fondement en tant qu'elles s'appliquent au dernier cataclysme dont les animaux quaternaires et peut-être l'homme ont été témoins. Elles prouvent en outre combien, il y a quarante ans, on se faisait une idée peu exacte des phénomènes les plus à notre portée, les plus faciles à apprécier, sinon quant à leur cause première, du moins quant à leurs effets. Attribuer à la mer les dépôts de cailloux roulés et les sables à ossements de nos vallées, et les dépôts argilo-sableux des plateaux dans lesquels il n'y a aussi que des coquilles fluviatiles et terrestres dont les analogues vivent encore aux environs, ou bien des coquilles fossiles roulées provenant des roches en place qui bordent la vallée, c'est prouver qu'on n'a jamais examiné une sablière de la plaine de Grenelle ni la plus petite exploitation de terre à brique de la Picardie, c'est perpétuer une erreur manifeste contre laquelle s'élevait déjà, chez nous, il y a trois siècles, Bernard Palissy. Ces généralisations de Cuvier ne sont donc pas seulement faibles et sans originalité, mais encore en contradiction avec les faits.

Ces passages qui semblent résumer si bien les pensées de l'auteur, nous les avons reproduits d'après la sixième édition de son discours, celle de 1830, pour prévenir toute objection; or, s'il était permis, en 1810 et en 1821, d'ignorer le mouvement de la science à l'étranger, il n'en était pas de même à la plus récente de ces dates; aussi serait-on tenté de croire que cette

partie du discours a été écrite dans les premières années du siècle et reproduite à diverses reprises sans aucun changement. Nous ne pouvons nous expliquer autrement les différences si profondes dont on est frappé, lorsque l'on compare les passages précités avec les suivants, où l'auteur semble éclairé tout à coup par une nouvelle lumière et apprécier les faits avec une liberté de jugement et une exactitude remarquables pour tracer l'avenir de la science.

(P. 291). « Je le répète, dit-il, nous voyons assez clairement « ce qui se passe à la surface des continents dans leur état ac- « tuel; nous avons assez bien saisi la marche uniforme et la « succession régulière des terrains primitifs; mais l'étude des « terrains secondaires est à peine ébauchée; cette série mer- « veilleuse de zoophytes et de mollusques marins inconnus, « suivis de reptiles et de poissons d'eau douce également incon- « nus, remplacés à leur tour par d'autres zoophytes et d'autres « mollusques plus voisins de ceux d'aujourd'hui; ces animaux « terrestres et ces mollusques et autres animaux d'eau douce « toujours inconnus qui viennent ensuite occuper les lieux pour « en être encore chassés, mais par des mollusques et d'autres ani- « maux semblables à ceux de nos mers; les rapports de ces êtres « variés avec les plantes dont les débris accompagnent les leurs, « les relations de ces deux règnes avec les couches minérales « qui les recèlent, le plus ou moins d'uniformité des uns et des « autres dans les différents bassins : voilà un ordre de phéno- « mènes qui me paraît appeler maintenant impérieusement « l'attention du philosophe.

« Intéressante par la variété des produits des révolutions « partielles ou générales de cette époque, et par l'abondance « des espèces diverses qui figurent alternativement sur la scène, « cette étude n'a point l'aridité de celle des terrains primor- « diaux, et ne jette point comme elle presque nécessairement « dans les hypothèses. Les faits sont si pressés, si curieux, si « évidents, qu'ils suffisent, pour ainsi dire, à l'imagination la « plus ardente ; et les conclusions qu'ils amènent de temps en « temps, quelque réserve qu'y mette l'observateur, n'ayant

« rien de vague, n'ont aussi rien d'arbitraire; enfin, c'est dans « ces événements plus rapprochés de nous que nous pouvons « espérer de trouver quelques traces des événements plus an- « ciens et de leurs causes, si toutefois il est encore permis, après « de si nombreuses tentatives, de se flatter d'un tel espoir. »

Ainsi, comme on a pu le remarquer par un passage que nous avons rapporté (p. 428), on peut dire que Cuvier voyait mieux l'avenir de la science que le présent et surtout que le passé.

Tout ce qu'il dit ensuite de la série des terrains est évidemment emprunté aux géologues du temps et plus particulièrement aux idées d'Alex. Brongniart, à qui il rend ici une entière justice pour la plus grande part qu'il a prise à l'ouvrage signé de leurs deux noms, et Cuvier cesse de s'égarer dès qu'il suit un guide aussi sûr. Enfin, il expose (p. 302) un tableau des terrains, tracé par Alex. de Humboldt. C'est, dit-il, le dernier résumé des efforts de tous les géologues, ce que nous avons grand'peine à nous persuader.

En effet, pour le terrain tertiaire, ce tableau ne comprend guère que celui du bassin de la Seine, et encore n'y voit-on pas distingué le calcaire à Hélix du Gâtinais, les sables supérieurs au calcaire grossier, ni les sables inférieurs du Soissonnais. Les lignites de cette dernière localité sont à leur place, et cependant, en parlant plus haut du Lophiodon qu'on y avait trouvé, Cuvier n'accordait pas une aussi grande ancienneté à ces dépôts, où il ne mentionne plus actuellement que des reptiles. L'argile de Londres est mise avec le calcaire grossier, mais il n'est point question du *plastic clay* ni des dépôts lacustres du Hampshire décrits depuis longtemps. La mollasse et le nagelfluh, probablement de la Suisse, sont placés au niveau de l'argile plastique. Les dépôts tertiaires les plus étendus et les plus anciennement décrits, ceux des collines sub-apennines, sont complétement omis.

La formation crétacée et le groupe wealdien ne sont indiqués que dans le nord de la France, en Angleterre et le nord de l'Allemagne. La formation jurassique, très-réduite, n'y montre point les divisions de W. Smith, et le lias paraît être placé au niveau du muschelkalk, bien qu'il soit au-dessus dans le texte

explicatif qui accompagne le tableau. Les marnes irisées n'y sont pas indiquées, et les gisements de sel gemme se trouvent dans le grès bigarré, tandis que le texte les rapporte au calcaire coquillier (muschelkalk) avec les amas de gypse, et que les schistes cuivreux avec empreintes de poissons et reptiles d'eau douce semblent lui succéder immédiatement, omettant alors le grès bigarré mentionné d'abord comme se trouvant entre le muschelkalk et le *calcaire alpin*. Les *formations coordonnées de porphyre, de grès rouge et de houille* constituent l'association la plus hétérogène qu'on puisse voir, et, dans le texte, la houille est réunie au *rothe todt liegende*. Quant au terrain de transition ou intermédiaire, on conçoit qu'il ne devait figurer dans ce tableau que pour mémoire, ainsi que le terrain primitif; c'était alors un chaos où la lumière ne s'est faite que depuis.

(P. 306) Cuvier reprend ici, pour la seconde fois et beaucoup plus longuement que la première, l'exposé de ses propres recherches sur les quadrupèdes fossiles, et en procédant de bas en haut, depuis les schistes cuivreux jusqu'aux dépôts meubles les plus récents. Il ajoute en terminant (p. 360) : « Ce qui « étonne, c'est que, parmi tous ces mammifères dont la plupart « ont aujourd'hui leurs congénères dans les pays chauds, il n'y « ait pas un seul quadrumane, que l'on n'ait pas recueilli un « seul os, une seule dent de singe, ne fût-ce que des os et des « dents de singe d'espèces perdues.

« Il n'y a non plus aucun homme; tous les os de notre es- « pèce que l'on a recueillis avec ceux dont nous venons de par- « ler s'y trouvaient accidentellement, et d'ailleurs leur nombre « est infiniment petit, ce qui ne serait certainement pas si les « hommes eussent fait alors des établissements sur les pays « qu'habitaient ces animaux.

« Où était alors le genre humain ? Ce dernier et le plus par- « fait ouvrage du Créateur existait-il quelque part? Les ani- « maux qui l'accompagnent maintenant sur le globe et dont il « n'y a point de traces parmi ces fossiles, l'entouraient-ils? Les « pays où ils vivaient avec eux ont-ils été engloutis, lorsque

« ceux qu'il habite maintenant, et dans lesquels une grande « inondation avait pu détruire cette population antérieure, ont « été mis à sec? C'est ce que l'étude des fossiles ne nous dit « pas, et, dans ce discours, nous ne devons pas remonter à « d'autres sources. »

Ainsi, par cette dernière phrase, Cuvier justifie lui-même tout ce que nous avons dit de la partie hypothétique de son livre.

« Ce qui est certain, continue-t-il, c'est que nous sommes « maintenant au moins au milieu d'une quatrième succession « d'animaux terrestres, et qu'après l'âge des reptiles, après « celui des *Palæotherium*, après celui des Mammouths, des Mas- « todontes et du *Megatherium*, est venu l'âge où l'espèce hu- « maine, aidée de quelques animaux domestiques, domine et « féconde paisiblement la terre, et que ce n'est que dans les « terrains formés depuis cette époque, dans les alluvions, dans « les tourbières, dans les concrétions récentes, que l'on trouve « des os qui appartiennent tous à des animaux connus et au- « jourd'hui vivants. »

Cette fin du Discours reproduit donc les idées déjà exprimées sous une autre forme, et rien de plus.

Si l'on jette maintenant un coup d'œil d'ensemble sur ce travail que nous avons dû examiner avec d'autant plus de soin qu'il s'y est attaché une plus grande célébrité, sans doute à cause du nom de l'auteur, on se demandera d'où viennent ces incohérences et ces discordances qui frappent à chaque page, cette ignorance apparente de faits expliqués plus loin avec clarté et simplicité, cette reproduction de vieilles hypothèses dénuées de toute espèce de fondement à côté d'observations qui portent l'empreinte d'un esprit judicieux et profond, doué presque d'une seconde vue? Pourquoi ce manque d'harmonie dans les diverses parties d'un ouvrage si peu étendu? et cette répétition des mêmes faits et des mêmes idées sous des formes diverses dans un travail qui semble être un testament scientifique, qui a dû être revu et corrigé dans six éditions consécutives? A coup sûr, Cuvier n'a point ici suivi l'exemple ni les préceptes de

Buffon; son *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, ainsi qu'on peut en juger, n'est pas une œuvre de haute portée comme synthèse; il est faible, et l'on pourrait même dire presque nul, hormis en ce qui concerne ses propres travaux. Il n'a point de valeur géologique directe, et, comme idée générale ou vue géogénique, il n'est pas seulement bien au-dessous de la *Protogæa* et des *Époques de la nature*, mais nous le placerions encore après ce qu'ont écrit, sur le même sujet, Breislak, Brocchi et plusieurs autres.

On voit donc, en résumé, que Cuvier n'avait pas de système arrêté en géologie; il suivait de loin, de très-loin même, les idées de son temps ou d'autres plus anciennes, et il n'en a émis aucune qui lui fût personnelle. Il n'est donc le créateur d'aucune méthode d'observation, il n'a découvert aucun principe dont l'application lui appartienne, et les exagérations de ses panégyristes tombent devant une analyse et une discussion raisonnées de l'ouvrage qui doit être regardé comme l'expression la plus générale et la plus complète de ses vues, en même temps qu'elle en est la dernière et comme le couronnement.

Si nous avons tant insisté sur ce discours, c'est, comme nous le disions tout à l'heure, à cause de l'autorité si justement acquise de son auteur en zoologie et en anatomie comparée, autorité que quelques personnes, par suite d'un dévouement qui fait honneur à leurs sentiments pour un si grand maître, voudraient aussi lui attribuer en paléontologie générale, théorique et stratigraphique. Cette autorité, nous croyons, dans l'intérêt de la vérité et de la science, devoir la lui refuser; Cuvier était assez riche de son propre fonds pour n'avoir pas besoin qu'on lui attribuât un mérite d'emprunt.

D France. Enfin, le dernier naturaliste qui, dans l'ordre des temps, vient clore cette liste de noms si remarquables par leurs travaux paléozoologiques, ne remplit point comme les précédents de hautes fonctions scientifiques; il ne fut revêtu d'aucun des honneurs qui s'y attachent, mais il n'en fut pas moins digne de toute l'estime de ses contemporains, et rendit, par ses recherches, que dirigeait un excellent esprit d'observation, de

véritables services dont on doit lui tenir compte. Defrance, né à Caen en 1756, eut le privilége, bien rare, d'avoir connu ou pu connaître tous les savants de la seconde moitié du XVIIIe siècle et tous ceux de la première moitié du XIXe; car nous l'avons vu s'éteindre doucement, à Sceaux, le 12 novembre 1850, dans sa 93e année.

Quoique s'étant occupé de bonne heure des sciences naturelles, ce ne fut que vers 1816, lorsqu'il quitta l'administration à laquelle il avait été attaché, que Defrance se livra tout entier à l'étude des fossiles, dont il avait déjà rassemblé une riche collection, particulièrement des environs de Paris. « Ses travaux, dit « M. Alexis Damour, qui lui a consacré une *Notice biographique* « fort intéressante (1), se composent surtout d'un grand « nombre d'*articles* insérés dans le *Dictionnaire des sciences* « *naturelles*, publié de 1816 à 1830. Son active collaboration « dans ce vaste recueil, en compagnie des plus illustres savants « de cette époque, est son principal titre au souvenir des natu- « ralistes et en particulier des géologues. » Quoiqu'il soit assez difficile de donner une idée exacte de la valeur de ces articles, disséminés dans 62 volumes, nous essayerons de rappeler ici, en suivant un ordre zoologique, les genres que Defrance a créés parmi les invertébrés fossiles et ceux déjà établis, dans lesquels il a décrit un plus ou moins grand nombre d'espèces nouvelles.

Rhizopodes. — On doit à Defrance l'établissement des genres *Planularia*, *Frondicularia*, *Textularia*, *Fabularia* et *Flabellaria*. Les Lenticulites et les Nummulites ont été aussi étudiées par lui avec beaucoup de soin et de sagacité. La plupart des espèces qu'il a décrites, longtemps méconnues faute de figures, étaient trop bien caractérisées pour ne pas venir reprendre leur place dans un travail général sur ce sujet.

Polypiers. — Parmi les débris fossiles provenant d'animaux inférieurs et qui comprenaient alors les bryozoaires, Defrance a proposé les genres *Lichenopora*, *Pagrus*, *Rubula*, *Verticillopora*, *Polytripa*, *Vaginopora*, *Larvaria*, *Palmularia*, *Vincularia*

(1) Lue à la *Société géologique de France* le 16 décembre 1850.

et *Intricaria*, ne contenant pour la plupart qu'un petit nombre d'espèces, presque toutes du terrain tertiaire inférieur des environs de Paris. Plusieurs, à la vérité, ne sont point resté dans la science; mais ils témoignent toujours du soin que mettait l'auteur à ne rien négliger de ce qui était soumis à son observation. Les espèces qu'il a fait connaître, au nombre de plus de 70, appartiennent principalement aux genres *Montlivaltia*, *Fungia*, *Turbinolia*, *Caryophyllia*, *Meandrina*, *Astræa*, *Oculina*, *Madrepora*, *Seriatopora*, *Pocillopora*, *Millepora*, *Favosites*, *Hornera*, *Idmonea*, *Retepora*, *Lunulites*.

Radiaires échinides.— Venant immédiatement après de Lamarck, qui avait apporté d'heureux changements dans la distribution méthodique des animaux de cette classe, Defrance ne reconnut point la nécessité d'y faire de nouvelles coupes et dut se borner à caractériser et à nommer une cinquantaine d'espèces provenant de divers terrains, et réparties dans les genres *Spatangus*, *Ananchytes*, *Nucleolites*, *Cassidulus*, *Clypeaster*, *Scutella*, *Echinus* et *Cidaris*.

Annélides.—Un grand nombre de tubes calcaires fossiles, diversement ornés au dehors, et de formes assez variées, ont été provisoirement regardés comme provenant d'annélides et rapportés au genre *Serpula*. Defrance en a décrit 30 espèces, trouvées pour la plupart dans les dépôts tertiaires inférieurs du bassin de la Seine et du Cotentin, quelques-unes dans la formation tertiaire moyenne et un petit nombre dans la craie.

Mollusques.— Dans cette grande division des animaux sans vertèbres, on doit à Defrance la création des genres *Pyrgo*, *Pachytes*, *Pulvinites*, *Hinnites*, *Gervillia*, *Thecidea*, *Strygocephalus*, *Hipponix*, *Rimula*, *Pleurotomaria*, *Nerinæa*. Quelques-uns, à la vérité, n'ont pas été conservés dans la classification, par suite de la découverte de matériaux plus complets; mais plusieurs sont si heureusement caractérisés, qu'ils ont résisté à l'examen le plus sévère, et comptent aujourd'hui parmi les plus importants de la classe.

Ainsi les Gervillies, très-répandues dans les couches jurassiques et crétacées, paraissent jusqu'à présent propres à l'époque

secondaire; les Thécidées, qui ont apparu pendant cette dernière, sont encore dans les mers actuelles; les Strygocéphales, dont on ne compte qu'un petit nombre d'espèces, sont néanmoins des brachiopodes très-remarquables et particuliers à la formation dévonienne; les Pleurotomaires, qui font essentiellement partie des diverses faunes de transition, ont pris un immense développement pendant la période secondaire, et sont encore représentés dans la période tertiaire inférieure; enfin, l'établissement du genre Nérinée n'est pas une des moins judicieuses créations de Defrance, car, depuis l'ère jurassique jusqu'au commencement peut-être de la période tertiaire inférieure, les coquilles de ce genre nous offrent une variété infinie dans leurs formes, leurs dimensions et leurs ornements.

Dans les genres de mollusques établis avant lui, Defrance a décrit un nombre considérable d'espèces nouvelles. Ainsi il a fait connaître 9 espèces de Lucines provenant des couches tertiaires du bassin de la Seine, les *Pecten cretosus* et *arachnoides* de la craie, plusieurs ostracées, particulièrement la *Gryphæa virgula*, coquille qui caractérise si parfaitement l'horizon de l'argile de Kimmeridge dans l'ouest de l'Europe, puis 4 espèces de Cranies de la craie, 5 Hippurites, la *Nucula Hammeri* du lias supérieur, la *Melania inquinata* et la *Neritina globulus*, qui marquent bien l'horizon des lignites dans le nord de la France et en Angleterre, enfin de nombreux *Cardium*, *Pecten*, *Terebratula*, *Patella*, *Nerita*, *Solarium*, *Trochus*, *Cerithium*, *Fusus*, *Pleurotoma*, *Voluta*, *Bellerophon*, *Belemnites*, *Baculites*, *Orthoceratites*, etc., etc.

En 1824, Defrance publia son *Tableau des corps organisés fossiles, précédé de remarques sur leur pétrification*, travail d'un mérite réel, et le premier qui ait été fait dans cette direction tout à fait nouvelle que venait de prendre l'étude des fossiles. En effet, ce tableau montre, avec une grande clarté, la distribution de tous les fossiles dans les diverses couches où ils ont été observés, quels sont les genres qu'on n'a point encore trouvés à l'état fossile, ceux que l'on a reconnus à la fois à l'état fossile et à l'état vivant, et enfin ceux dont les

analogues n'existent plus. C'est, en un mot, le bilan, systématique et méthodique à la fois, de tout ce que l'on savait alors. Quant aux observations sur les divers modes, accidents, circonstances et résultats de la pétrification ou du séjour des corps organisés dans les roches, nous dirons que depuis Walch l'on n'avait rien écrit de plus complet ni de plus judicieux sur ces divers sujets, et que ce qui a été publié dans ces derniers temps, à cet égard, ne vaut pas de beaucoup le travail de Defrance.

§ 5. Traités généraux.

Pour avoir une idée juste de la manière dont une science est comprise, à un moment donné de son histoire, il ne suffit pas de connaître, quelque importants qu'ils soient d'ailleurs, les ouvrages particuliers à telle ou telle de ses parties ; il faut encore chercher dans les traités généraux et dans l'enseignement de l'époque l'expression des idées dominantes, celles qui sont consacrées par le temps ou certaines autorités, et qui, vraies ou fausses, n'en règnent pas moins sur l'opinion du plus grand nombre. Lorsque ces traités sont écrits par les professeurs mêmes, chargés de l'enseignement dans les établissements publics, on doit pouvoir les regarder comme en traduisant suffisamment la direction. Or, pendant les vingt premières années de ce siècle, nous voyons de la Métherie professer la géologie au Collége de France, Faujas de Saint-Fond au Jardin des Plantes, de Dolomieu à l'École des mines. Recherchons donc, dans les publications de ces professeurs, si leur enseignement répondait à l'état de la science tel que nous pouvons nous le représenter d'après ce qui vient d'être dit, et s'il en était à la fois le tableau fidèle et complet.

De la Métherie.

Né à la Clayette, en 1743, de la Métherie était plus physicien que naturaliste; il avait très-peu étudié les roches en place et encore moins les terrains. Il publia, en 1797, une *Théorie de la terre* en cinq volumes, dont le premier est exclusivement

consacré à la minéralogie, ainsi qu'une partie du second. A la fin de celui-ci, il propose pour les fossiles une sorte de terminologie des plus bizarres, en rapport avec le mode de fossilisation des corps organisés animaux, ou avec les divers états, formes ou aspects sous lesquels on les rencontre dans la nature. Il procède de même à l'égard des bois pétrifiés, des empreintes de plantes, etc. Le troisième volume comprend la physique générale et la physique du globe, et le quatrième traite de l'état de la terre à son origine, cet état étant supposé avoir été une fluidité aqueuse.

De la Métherie examine ensuite les roches terreuses, cristallines et autres, et décrit les phénomènes actuels occasionnés par les eaux des fleuves, des lacs, de la mer, par les volcans, etc. Dans le cinquième volume, il traite de la formation des vallées et des montagnes, et, en étudiant le mode de formation des roches, il s'occupe uniquement de leurs caractères minéralogiques et point du tout de leurs relations ni de leur âge. Ainsi, il met la craie blanche dans le terrain tertiaire; le gypse, la houille, le soufre, les minerais, le sel sont désignés sous le nom de *cristallisations* qui recouvrent le terrain primitif. Toutes les couches inclinées et mêmes verticales ont été déposées ainsi; c'était, on se le rappelle, l'opinion de Werner, de de Saussure, au commencement de ses recherches, et de Palassou pendant toute sa vie. Néanmoins, l'auteur admet des affaissements et des soulèvements locaux. Enfin, l'ouvrage est terminé par un exposé des différents systèmes émis sur la théorie de la terre par les Anciens et les Modernes, travail utile, reproduit et amélioré dans les *Leçons de Géologie* professées au Collége de France en 1816, et dont nous allons parler avec plus détails, comme étant la dernière expression des idées de l'auteur.

Le premier volume traite de l'origine des corps célestes et en particulier de celle de la terre, de la physique du globe, des roches cristallines et autres, ainsi que des différentes substances considérées d'abord dans ce que de la Métherie appelle les *terrains primitifs* : « Ce sont ceux qui ne renferment aucuns débris « d'êtres organisés, savoir (p. 72) : les granites et granitoïdes, « les porphyres et porphyroïdes, les gneiss, les schistes micacés,

« les pétrosilex, les lydiennes, les cornéennes, les schistes pri-
« mitifs, les serpentines, les smectites, les lherzolites, les cal-
« caires primitifs, les dolomies, les gypses primitifs, les soufres
« primitifs, les anthracites, les terrains métalliques primitifs,
« les brèches primitives, les poudingues primitifs, les sables pri-
« mitifs. Ces terrains présentent un phénomène constant; cha-
« cune des substances qui les composent est placée séparément
« et ne se confond nullement avec celle d'une espèce différente...
« Il faut en excepter les brèches primitives, les terrains volca-
« niques qui sont confondus avec tous les autres... Toutes ces
« matières, en se déposant, ont donc suivi les *lois des affinités.* »

(P. 85). Les terrains secondaires sont ceux qui contiennent des débris d'êtres organisés, quelle que soit d'ailleurs leur nature, tels que « les calcaires secondaires, les gypses secondaires, les
« phosphates calcaires, les ardoises ou schistes secondaires, les
« terrains sulfureux secondaires, les terrains métalliques secon-
« daires, les terrains bitumineux secondaires, les brèches secon-
« daires, les poudingues secondaires, les masses granitiques sur
« le secondaire. »

L'auteur n'admet point de terrain de transition et comprend, sous le nom de *terrains* d'alluvion (p. 99), les limons, les galets, les sables d'atterrissement, les brèches, les poudingues. Quant à la *position respective des différentes roches à la surface du globe*, ce que l'auteur en dit (p. 109) est absolument nul; mais nous reproduirons la remarque suivante de la Métherie sur l'inclinaison des roches (p. 113). « On doit faire, dit-il, une observa-
« tion essentielle sur la direction de l'inclinaison de toutes les
« couches des grandes montagnes primitives. On y observe
« constamment un point central, une masse prépondérante. Ce
« point paraît avoir influencé toutes les cristallisations environ-
« nantes. Les mêmes phénomènes s'observent dans toutes les
« grandes masses qui cristallisent. Par exemple dans les masses
« du sel marin qui cristallise dans les marins salants, toute la
« masse cristallisée tend vers ce point central. Un mât, par
« exemple, placé dans le marais, détermine autour de lui une
« masse de cristaux. Le Mont-Blanc, dans les Alpes, paraît un

« de ces points centraux. Toutes les couches de terrains qui l'en-
« vironnent paraissent tendre vers cette masse immense, qui « leur sert de point central. » Certainement, de Saussure, qui connaissait bien le Mont-Blanc, n'aurait jamais eu l'idée de le comparer à une perche plantée dans une dissolution saline.

La première partie du second volume des *Leçons de Géologie* est consacrée à l'étude de la composition et de la cristallisation des substances dont les terrains secondaires sont composés, puis à celle des terrains volcaniques, aux changements arrivés à la surface du globe depuis sa formation, etc., et la dernière (p. 335) aux fossiles, considérés dans leurs divers états, mais où l'auteur a abandonné la terminologie si malheureuse qu'il avait imaginée vingt ans auparavant. Il croit que la plupart des corps organisés enfouis dans les couches de la terre ont encore leurs analogues vivants; il n'en excepte pas même le *Megalonyx* et le *Megatherium* (p. 337). Les êtres dont on rencontre les débris dans les régions septentrionales ou tempérées vivraient encore dans les zones tropicales. L'homme n'existe pas à l'état fossile, et les haches en silex, produits de son industrie primitive, ne prouvent qu'une ancienneté relative peu reculée.

De la Métherie donne une énumération fort étendue de toutes les citations connues alors, qui se rapportent à des animaux vertébrés fossiles, depuis l'Éléphant de l'Europe et du nord de l'Asie, les Mastodontes de l'Ohio, du Chili, du Pérou et des diverses parties de l'Europe, l'Hippopotame, le Rhinocéros, le *Megatherium* de Buenos-Ayres, les Ours, les cétacés, les Bœufs, l'Auroch, les Sangliers, les Chevaux, les Cerfs, etc., jusqu'au *Megalonyx* de Virginie. Puis viennent les citations relatives aux oiseaux, aux reptiles et aux poissons qu'il résume ainsi (vol. III, p. 6).

Il y aurait eu alors de déterminées 79 espèces de vertébrés quadrupèdes fossiles, dont 49 sont inconnues aujourd'hui (*Megalonyx*, *Megatherium* (1), 5 Mastodontes, 5 *Palæotherium*, 10 *Anoplotherium*, 1 Ptérodactyle). 16 ou 18 espèces sont plus

(1) On a vu ci-dessus que l'auteur ne regardait pas encore ces deux genres comme absolument éteints.

ou moins voisines d'espèces vivantes, et 12 auraient encore leurs représentants dans la nature actuelle. Les oiseaux sont très-rares; parmi les poissons, il cite ceux du Mont-Bolca, d'Œningen, des schistes cuivreux du Mansfeld, gisements que nous avons vus signalés dès la Renaissance, puis ceux en mercure sulfuré du Palatinat, d'autres changés en bitume, etc.

De la Métherie signale de nouveau le *Cerithium giganteum*, décrit par de Lamarck, distingue les coquilles marines fossiles qui sont fluviatiles et terrestres, et rappelle les résultats des recherches de Férussac, que nous avons cités plus haut. Il rappelle également les restes de crustacés de la craie de Maëstricht (*Calianassa*), d'Œningen, ceux des schistes d'Angers décrits par Guettard, qui les comparait, non pas à des Crevettes comme le dit l'auteur, mais à des Cymothoés, puis les insectes du succin des bords de la Baltique, les échinodermes, les Astéries et les polypiers. Mais dans ce bilan général, donné en 1816, des matériaux paléozoologiques connus alors, on remarquera que de la Métherie ne parle avec quelques détails que des animaux vertébrés, surtout des mammifères et des reptiles dont Cuvier venait de faire connaître les genres et les espèces cités plus haut, et qu'il se borne à quelques vagues généralités sur les invertébrés. On peut en conclure que le professeur de géologie du Collége de France n'avait jamais fait l'application, sur le terrain, des principes de paléontologie déjà connus, et ne se doutait point encore de l'utilité dont pouvait être, dans la pratique, l'emploi de ces mêmes fossiles.

Relativement aux végétaux, il énumère tous les faits indiqués par Woodward et Lhywd en Angleterre, par Leibnitz, Scheuchzer et de Schlotheim pour l'Allemagne, par de Jussieu et Faujas pour la France et les bords du Rhin.

Passant ensuite à la comparaison des fossiles avec les espèces vivantes, il reproduit en partie ce qu'il a dit dans sa *Théorie de la Terre*, recherche les circonstances qui ont pu occasionner leur enfouissement, tels que les migrations, les changements de température, les chutes de montagnes, le transport par les courants des mers, par ceux des lacs, des rivières, des inondations locales, etc.

Considérant les différentes époques pendant lesquelles il suppose que les fossiles ont été déposés, il en distingue sept dans le terrain secondaire, le terrain de transition de Werner étant, suivant lui, une coupe inutile puisqu'on y trouve des fossiles, et, par ce motif, ses couches devant être réunies au terrain secondaire. Ces époques, comme on va le voir, sont d'ailleurs moins bien limitées que celles de Buffon.

La *première époque* de la Métherie comprendrait les couches qui se sont formées après le premier abaissement du niveau des eaux. Ce sont les plus voisines du terrain primitif; elles renferment peu de fossiles; ceux-ci sont tous marins; ce sont particulièrement des Ammonites, des Bélemnites, des Térébratules. Pendant la *seconde*, auraient été déposées, après un abaissement plus considérable du niveau des eaux, des couches où les fossiles sont plus abondants, soit en coquilles marines, soit en poissons; en outre, les coquilles fluviatiles et terrestres ont pu exister en même temps, ainsi que des mammifères terrestres peuplant les continents, parce qu'il y avait alors des lacs et des terres émergées. Un troisième abaissement de la mer a produit de nouveaux êtres organisés marins, terrestres et d'eau douce. La *quatrième époque* a vu se développer les mêmes êtres organisés que la précédente, les végétaux ayant aussi produit des bois fossiles et de la houille, et, pendant la *cinquième*, les eaux s'étant retirées davantage, ont laissé libres les cavernes qu'elles remplissaient, et dans lesquelles se trouvent aujourd'hui tant d'ossements. Les fossiles de la *sixième époque* sont semblables aux précédents, et ceux des tourbières viennent s'y ajouter; enfin la *septième*, qui est celle de nos jours, montre que depuis deux ou trois mille ans le niveau des mers n'a point changé.

Telle est la science que l'on exposait aux auditeurs du Collége de France en 1816 : le terrain primitif mal défini et comprenant toutes sortes de roches anciennes et récentes, cristallines, d'origine ignée ou sédimentaire et même d'origine organique; le terrain de transition, de beaucoup le plus considérable de tous les grands systèmes de dépôts, complétement méconnu. Quant aux *sept* prétendues époques secondaires, elles ne sont établies

sur aucune donnée stratigraphique; aucune d'elles n'est caractérisée par des fossiles qui lui soient propres, sauf la seconde, qui comprend à elle seule toutes nos formations secondaires, comme l'admettaient les anciens oryctographes et Buffon après eux. Tout le reste est mêlé, confondu dans une phraséologie diffuse, dont il est impossible de tirer rien de net sur la nature ni l'origine des choses. Enfin, l'émersion graduelle des continents n'est expliquée que par l'abaissement successif des mers, absolument comme dans la théorie de de Maillet, écrite un siècle auparavant et renouvelée par Buffon.

On ne doit point s'étonner d'après cela que de la Métherie n'admette pas que les eaux douces et marines se soient succédé plusieurs fois les unes aux autres sur un même point (vol. III, p. 82), comme on l'avait si péremptoirement démontré aux environs mêmes de Paris. Pour lui la science positive ou d'observation, aussi bien que la théorie de la terre, n'avait donc point marché depuis cent ans, et cependant il n'ignorait pas les recherches faites dans cet intervalle, les vues plus justes émises par ses contemporains; mais ses idées préconçues sur la cristallisation des masses terrestres, idées qu'il appliquait à presque toutes les roches indistinctement, jointes à l'absence d'études pratiques suivies, ne lui permettaient pas d'apprécier la valeur des principes déjà développés autour de lui, principes qui, à la vérité, n'avaient pas encore, ainsi qu'on l'a dit, pénétré bien avant dans l'opinion générale des naturalistes français.

On peut se faire une idée de la manière d'observer de de la Métherie, en lisant sa note sur un voyage minéralogique fait en 1802 de Paris à Moulins et en Beaujolais (1); il y décrit minutieusement 74 espèces de roches ou de minéraux sans la plus légère indication de leurs rapports stratigraphiques, si ce n'est qu'il place toute cette partie de la France dans le terrain secondaire. Dans ses promenades faites avec ses élèves aux environs de Paris (2), il leur faisait observer que toutes les substances dif-

(1) *Journal de phys.*, vol. LV, p. 129; 1802.
(2) *Ibid.*, vol. LXVI, p. 309; 1808.

férentes qu'on y rencontre ont été dissoutes par les eaux et ensuite déposées suivant les lois des affinités. L'espèce de coupe ou profil théorique qui accompagne cette relation est comparable aux ébauches les plus informes des oryctognostes du XVIIe siècle.

C'est dans le *Journal de physique*, qu'il dirigea longtemps, que de la Métherie insérait tous ses mémoires sur la cristallisation et sur divers sujets de minéralogie et même de fossiles. Comme il n'admettait pas le retour de la mer sur des points qui auraient été occupés par les eaux douces, il rejetait l'opinion de tous les géologues de son temps, qui soutenaient que les gypses des environs de Paris, d'Aix, etc., avaient dû être déposés dans des lacs d'eaux douces ; la présence des coquilles marines au-dessus était pour lui un argument qui découlait de son hypothèse même (1). Il combattit aussi à diverses reprises les idées de J. A. de Luc, et cela avec beaucoup de raison ; mais il ne se gardait pas non plus des écarts de ce dernier lorsque nous le voyons dire, à la fin d'une de ses répliques : « L'homme « est, suivant moi, une espèce de singe. »

Faujas de Saint-Fond.

Le discours, prononcé le 1er mai 1802, par Faujas de Saint-Fond, en prenant possession de la chaire de géologie qui venait d'être créée au Muséum d'histoire naturelle, peut aussi nous donner une idée générale de la science, il y a juste 60 ans. Il est intitulé : *de l'État actuel de la Géologie*, et forme l'*Introduction* de son *Essai de Géologie ou Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du Globe* (2). En ce qui concerne les fossiles, le professeur croyait que le plus grand nombre d'entre eux avaient leurs analogues vivants, et que quant à ceux qu'on n'avait pas encore retrouvés, cela pouvait tenir à ce que les recherches étaient encore incomplètes, que ces analogues habitaient des régions encore inexplorées ou bien des profondeurs de la mer non encore atteintes. Le reste du discours, qui est fort long, est un mélange assez confus de noms de savants et de noms de pays associés pour faire juger

(1) *Journ. de phys.*, vol. XLI, p. 456; 1792.
(2) *Ibid.*, 2 vol. in-8; 1803, 1809.

de l'état de la science dans chacun de ces derniers et honorer en même temps les premiers, mais qui en réalité n'apprend rien, puisque la science elle-même n'était pas encore comprise.

Tout le premier volume de l'*Essai de Géologie* est consacré aux débris organiques, animaux et végétaux, sans que nulle part apparaisse l'idée de leur succession possible dans la série des âges de la terre. Parmi les coquilles Faujas énumère 56 espèces provenant du calcaire grossier, des faluns de la Touraine ou d'Italie, dont les analogues vivraient encore. Parmi les polypiers il signale une Astrée de la formation jurassique (comme nous dirions aujourd'hui) qui serait encore vivante, ainsi que des Alcyons. Pour les poissons du Mont-Bolca, il adopte l'opinion de Fortis, d'après laquelle, ainsi qu'on l'a vu, ils auraient encore leurs analogues dans les mers australes.

Faujas mentionne ensuite tous les gisements d'ichthyolites connus alors, et dont nous avons parlé chacun en leur lieu. Il traite de même des reptiles sauriens et chéloniens, des mammifères pachydermes, et donne beaucoup de détails sur les Éléphants, les Rhinocéros, etc. Il reproduit un dessin du *Megatherium* du bassin de la Plata, comme pouvant être le même animal que le *Megalonix* de la Virginie. Les végétaux, ainsi que ces animaux, auraient été détruits par la même révolution, de sorte que, dans la pensée de l'auteur, tous ces êtres organisés auraient été plus ou moins contemporains.

Ce qu'il dit des dépôts de lignite du nord de la France prouve que, malgré les descriptions fort exactes qu'en avait données Poiret, il ne se doutait nullement de leur âge. Ce qu'il rapporte de la position des couches de charbon et des exploitations de houille dans les calcaires ou dans les bassins granitiques fait aussi voir qu'il n'avait aucune idée de leur position relative ou de leur âge, qui cependant, depuis bien des années, avaient été déterminés au moins approximativement en Angleterre.

Dans le second volume de son ouvrage, Faujas traite d'abord de la *terre calcaire*, pour l'origine de laquelle il suit l'opinion de Buffon, puis il passe au *calcaire qui se présente*

sous forme de craie et qui occupe de grands espaces sur la surface de la terre; il ne parle, bien entendu, que de celle de la Champagne et des environs immédiats de Paris. Sous le nom de *calcaire coquillier disposé en bancs ou en couches*, il décrit très-vaguement le calcaire grossier, et, à propos des Numismales, rappelle celles qu'il a observées dans le Véronais et le Vicentin. Il ne s'occupe point ici des faluns de la Touraine, décrits par de Réaumur, parce que son but n'a été, dit-il, que de considérer les corps marins pouvant donner naissance par leur multiplication immense à des bancs entiers qui ne sont formés que de leurs débris.

Il passe de suite à la formation des bancs de coquilles modernes, puis aux récifs de polypiers, et revient dans la section 4 *aux montagnes calcaires dans lesquelles on n'aperçoit que peu de corps organisés.* Il critique le nom de *calcaire compacte*, employé par de Saussure, celui de *calcaire de transition*, proposé par Werner, et qu'il semble croire synonymes, tant il se rend peu compte du sens que chacun d'eux leur attachait, et il propose celui de *calcaire de hautes montagnes*, auquel il fait lui-même cette objection que si, par une cause quelconque, des fragments de ces calcaires venaient à être entraînés dans les plaines, « le « minéralogiste serait dérouté en trouvant dans le fond de ces « plaines et à de grandes distances ce calcaire, qui ne serait plus « pour lui le calcaire des hautes montagnes, puisqu'il le rencon- « trerait dans des lieux bas (p. 59). » Tout ce qui suit est de cette force. Après avoir parlé des *brèches et des poudingues calcaires*, Faujas considère la chaux chimiquement, et donne la classification géologique et minéralogique de cette substance, de sorte que ce chapitre ressemble assez à celui de Buffon dans son *Traité des Minéraux.*

Puisque nous venons de rappeler le nom de l'auteur des *Époques de la nature*, nous ajouterons qu'ici Faujas de Saint-Fond, qui avait cependant beaucoup voyagé et observé les roches en place, ne semble s'occuper en aucune façon de leurs relations stratigraphiques; l'idée de succession n'est ni plus arrêtée ni mieux comprise que par son illustre prédécesseur;

tout ce qui s'était fait depuis 25 ans était nul pour lui. Il ne s'occupe que de descriptions pétrographiques, sans qu'aucune vue générale, sans que la préoccupation de la recherche d'aucun principe ni d'aucune loi se fasse jour nulle part à travers cette énumération sèche et aride de matériaux accumulés confusément.

Le reste du second volume traite particulièrement des caractères des roches et des minéraux, et le troisième est consacré aux volcans et aux roches volcaniques, qui ont été pour Faujas le sujet de recherches très-assidues et de nombreuses publications dont nous n'avons point à parler ici.

Si nous cherchons actuellement dans les traités généraux l'expression dernière de la connaissance des fossiles au commencement de ce siècle, nous verrons qu'elle était exposée dans chacun d'eux à peu près de la même manière. Ainsi quatre naturalistes, de mérite divers, avaient résumé, dans leurs ouvrages, ce que l'on savait alors sur les débris des êtres organisés fossiles : c'étaient Breislak en Italie, de Luc à Genève, de la Métherie et Faujas en France. Trois d'entre eux avaient beaucoup étudié la nature ; le quatrième était plus particulièrement physicien et minéralogiste. On pourrait en ajouter un cinquième en Allemagne, Blumenbach, zoologiste éminent, mais point du tout géologue. A ce moment on travaillait en Angleterre, mais on y discourait peu.

De Dolomieu.

Malgré cette émulation louable que manifestent les auteurs des traités que nous venons de rappeler et les preuves de connaissances plus variées peut-être que profondes, aucun d'eux ne semble se préoccuper encore d'une relation possible entre ces fossiles et la position des couches qui les renferment, comme si la géologie pouvait être autre chose que la chronologie ou la succession des phénomènes qui se sont produits à la surface de la terre.

Le *Discours sur l'étude de la Géologie*, prononcé par de Dolomieu à l'ouverture de son cours sur le gisement des minéraux, commencé en ventôse an V, peut aussi nous donner une idée de la manière dont ce professeur comprenait la science (1). Il entre

(1) *Journ. de phys.*, vol. XLV, p. 256.

dans les plus petits détails de l'étude des pierres considérées en elles-mêmes, mais il ne fait aucune mention de ce qu'il y a de plus essentiel en voyage, savoir la construction des coupes ou profils de terrains et de la notation sur des cartes des faits observés. Il y a dans ses recommandations si minutieuses une absence complète du travail graphique, le seul qui donne la preuve de l'intelligence réelle des phénomènes.

(P. 269.) « L'étude des montagnes est encore regardée par « lui comme pouvant seule conduire à la solution des grands « problèmes relatifs à la théorie de la terre, non pas cependant « qu'il y ait des plateaux élevés et même des contrées dépri- « mées qui n'aient une constitution semblable à celle des cimes « les plus élancées et les plus proéminentes, mais parce qu'un « sol à peu près horizontal est ordinairement couvert de terre « végétale ou de matières de transport qui masquent le sol pri- « mordial, parce que rarement il s'y trouve des excavations « assez profondes pour découvrir le terrain vierge... Les « hautes montagnes, au contraire, montrent très-souvent à nu « tous les matériaux qui les constituent, » etc.

Le professeur ne fait, d'ailleurs, aucune mention des fossiles, soit relativement à leur intérêt par rapport à l'histoire de la terre, soit relativement à leur utilité pour la pratique de la géologie, et il n'aurait pu tracer avec de pareils principes le moindre profil dans un système de couches régulièrement stratifiées de quelques lieues d'étendue. D'un autre côté, son admiration exclusive pour les montagnes ne lui permettait pas davantage d'y établir la moindre série stratigraphique de quelque valeur. Toutes ses petites prescriptions se trouvent, en réalité, complétement stériles dans leurs résultats, et aboutissent à diviser la partie découverte du globe en *quatre terrains*.

(P. 271.) 1° Terrains primordiaux composés de précipitations et de matières dont l'agrégation résulte d'une cristallisation confuse qui, par leur situation, prouve leur antériorité à toutes les autres. 2° Terrains maritimes ou de sédiments, ceux que la mer paraît avoir déposés et dont la consolidation semble

appartenir au desséchement. 3° Terrains de transport, ceux dont les matières paraissent évidemment étrangères au lieu qu'elles occupent, et n'être que des fragments d'autres masses, ou le produit de la décomposition de terrains antérieurs, dont les débris ont été transportés. 4° Terrains volcaniques formés par les déjections des volcans (1).

Ainsi, dans les dernières années du XVIII[e] siècle et les vingt premières du XIX[e], les professeurs officiels de géologie, soit au Muséum d'histoire naturelle, soit au Collége de France, soit ailleurs, n'exposaient pas mieux les uns que les autres les principes de la paléontologie stratigraphique et même ceux de la géologie des terrains de sédiment. Il y a moins de 50 ans, l'enseignement, dans les deux chaires publiques consacrées à la géologie, n'était pas encore assis sur ses véritables bases. Les idées de Werner dans ce qu'elles avaient d'utile et d'éminemment pratique n'y avaient pas pénétré profondément, non plus que celles déjà appliquées de l'autre côté du détroit, à en juger par les témoignages écrits qui nous restent. On peut donc dire que cet enseignement était fort en arrière du point où nous savons que la science était arrivée, à cette époque, dans notre propre pays.

D'Aubuisson de Voisins.

Mais, de même que nous avons vu l'école de Werner produire chez nous un ouvrage de géologie descriptive où se révèle un rare talent d'observation, joint à une instruction

(1) On peut se faire une idée de la manière dont il comprenait la science en lisant le *Rapport fait à l'Institut national* sur ses voyages de l'an V et de l'an VI (*Journ. de phys.*, vol. XLVI, p. 403; 1798. — *Journ. des mines*, vol. VII, p. 385; 1797-98). On y remarquera, surtout dans une Note, avec quel dédain il traite *ceux qui, du fond de leur cabinet, ont écrit sur la structure de notre globe*, et parmi lesquels nous voyons cités Woodward et Sténon, puis avec quelle emphase il parle des vrais fondateurs de la géologie, *qui s'élançaient vers les montagnes, ces antiques monuments des catastrophes du globe, pour leur demander compte des événements d'une époque bien antérieure aux temps de l'histoire et pour y apprendre des faits bien plus importants que tous ceux consignés dans les fastes des hommes*. On sait ce qu'a produit cette phraséologie banale et ce que les montagnes lui ont répondu.

solide et à une méthode vraiment scientifique, de même nous devons rapporter à l'influence de cette école le meilleur ouvrage qui ait été jusque-là publié, en France, sur la théorie générale de la Terre : c'est le *Traité de Geognosie* de d'Aubuisson de Voisins (1), travail excellent au point de vue de l'auteur, mais dans lequel on conçoit que la paléontologie devait être tout aussi négligée que dans l'*Essai géognostique sur les Pyrénées*, par de Charpentier.

§ 6. Paléontologie appliquée.

Revenons à la géologie et à la paléontologie stratigraphique pour montrer, par des exemples pris actuellement en France, comment cette dernière a été définitivement constituée. C'est encore par suite des études de G. Cuvier et d'Alex. Brongniart aux environs de Paris, mais surtout par les principes que le dernier de ces savants en avait déduits et par les applications qu'il en fit à d'autres localités plus ou moins éloignées, que nous pourrons atteindre ce but.

Dix ans s'étaient écoulés lorsque les auteurs de l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* publièrent, sous le nouveau titre de *Description géologique des environs de Paris*, composant le tome II des *Recherches sur les animaux fossiles* (2), un travail dans lequel ils durent mettre à profit les observations faites dans cet intervalle et dont nous exposerons d'abord les principaux résultats.

L'*Introduction* de ce nouvel ouvrage est la reproduction des précédentes, mais le tableau qui la termine diffère de ceux de 1808 et 1811. Les principales divisions sont réduites à sept, et chacune d'elles offre des sous-divisions plus nombreuses. A partir de la craie les auteurs distinguent, sous la dénomination générale de *Terrain de sédiment supérieur*, p. 26 (3):

(1) 2 vol. in-8. Paris, 1819.
(2) Éd. de 1821. Il a été fait un tirage à part.
(3) La pagination que nous indiquons est celle de l'éd. de 1835, qui est d'ailleurs conforme à première, sauf le format in-8.

1° *Premier terrain d'eau douce*, comprenant l'argile plastique, les lignites et le premier grès ;

2° *Premier terrain marin*, comprenant le calcaire grossier et le grès qu'il contient souvent;

3° *Deuxième terrain d'eau douce*, comprenant le calcaire siliceux, le gypse à ossements et les marnes d'eau douce;

4° *Deuxième terrain marin*, comprenant les marnes gypseuses marines, le troisième grès et le sable marin supérieur, le calcaire et les marnes marines supérieures;

5° *Troisième et dernier terrain d'eau douce*, comprenant les meulières non coquillières, les meulières coquillières, les marnes d'eau douce supérieures ;

6° *Terrain de transport et d'alluvion*, comprenant les cailloux roulés et le poudingue ancien, le limon d'atterrissement ancien et moderne, des marnes argileuses noires et la tourbe.

L'établissement du *premier terrain d'eau douce* montre que les auteurs ont tenu compte cette fois des anciennes observations de Poiret, dont ils parlent d'ailleurs fort peu, mais pas assez de celles de Lavoisier, dont ils ne parlent pas du tout, car l'étage des sables inférieurs compris entre les lignites du Soissonnais et le calcaire grossier n'y est pas mieux indiqué qu'en 1811. Les fossiles des dépôts de lignites, dont on a vu que de Férussac s'était occupé, y sont mentionnés avec soin. La désignation de *premier terrain d'eau douce*, attribuée aux quelques lits minces de marnes et de calcaires exclusivement lacustres subordonnés à cette division, dans laquelle les coquilles d'eau saumâtre et marines sont beaucoup plus répandues et plus constantes, montre bien la préoccupation où étaient Cuvier et Brongniart, qui avaient peu ou point observé en place la faible importance relative des couches avec Planorbes et Paludines.

Les vrais calcaires lacustres de la montagne de Reims avec leurs sables blancs, l'horizon marin des sables de Bracheux au-dessous des lignites, les sables et les lits coquilliers avec les glaises qui séparent ceux-ci du calcaire grossier, et cela depuis les environs de Reims jusqu'à ceux de Gisors, c'est-à-dire trois horizons paléozoologiques et stratigraphiques très-distincts, dont

un d'eau douce et deux ou trois marins, échappaient encore complétement aux auteurs de ce nouveau travail, puisque leur *premier terrain marin* est le calcaire grossier.

Constatons aussi que dans ce *premier terrain marin* le *second grès* occupe encore la même place que précédemment (p. 70). « Ce grès, qui est le second grès en montant depuis la craie, « ainsi que le silex à coquilles marines, qui paraît quelquefois « en tenir la place, sont tantôt placés immédiatement sur les « couches ou dans les couches du calcaire marin comme à Triel, « à Frênes, sur la route de Meaux; à l'est de la Ferté-sous- « Jouarre ; à Saint-Jean-les-deux-Jumeaux ; près de Louvres; « dans la forêt de Pontarmé; à Sèvres, à Maulle, etc. Tantôt ils « semblent remplacer entièrement la formation du calcaire, et « offrent alors des bancs très-puissants, comme dans les envi- « rons de Pontoise, à Ézanville, près Écouen, à Beauchamp, « près Pierrelaie. »

Ce sont donc toujours les mêmes incertitudes et les mêmes rapports douteux qu'on exprimait en 1811.

Quant au *calcaire siliceux*, sa place au-dessus du calcaire grossier est ici assez nettement formulée (p. 75). « Il ne paraît « pas, disent les auteurs, remplacer entièrement le calcaire « grossier ; il lui est supérieur; mais, quand il se présente en « dépôts très-épais, il semble n'acquérir cette puissance qu'aux « dépens du calcaire grossier, qui devient alors très-mince et dis- « paraît presque entièrement ou même tout à fait sous ces mas- « ses considérables de calcaires siliceux ; lorsque, au contraire, « c'est le calcaire grossier marin qui est dominant, le calcaire « siliceux semble avoir disparu. » Il ressort évidemment de ce passage que Cuvier et Brongniart n'avaient point profité des indications si précises qu'avait données M. d'Omalius d'Halloy sur la partie orientale du bassin, de la disposition générale si exacte des diverses parties du système, et qu'ils se préoccupaient toujours exclusivement, comme en 1808, de la partie centrale où tant de relations sont obscures.

Malgré la dénomination nouvelle de *second terrain d'eau douce* et les trois divisions indiquées dans le tableau général de

l'*Introduction* que nous avons reproduit, les auteurs donnent encore (p. 79) le titre et le texte mêmes des articles V et VI de leur travail de 1808, en disant : *Le terrain gypseux* est placé immédiatement au-dessus du calcaire marin, et il n'est pas possible de douter de cette superposition. Comment cette erreur de 1808 a-t-elle été si littéralement répétée en 1821, alors que l'intercalation du calcaire siliceux était constatée?

La concordance n'est pas plus exacte entre l'article VII (p. 94), *des grès et sables marins supérieurs*, et le *deuxième terrain marin* du tableau précité. Celui-ci comprend, en effet, les diverses couches de marnes marines que, dans leur description (p. 91), les auteurs ont continué à mentionner à la suite du deuxième terrain d'eau douce. Comme précédemment, les caractères minéralogiques les ont influencés aux dépens de la communauté d'origine des dépôts, et l'on ne comprend pas pourquoi l'arrangement de 1811 n'a pas été suivi comme étant de beaucoup préférable.

Ici encore les sables et les grès supérieurs au calcaire grossier, mais inférieurs au calcaire siliceux et au gypse dans le nord du bassin, depuis les environs de Villers-Cotterets, de Thury, de Betz, de Lévignan, de Nanteuil, d'Ermenonville, de Senlis, etc., sont rapportés à cet étage des sables et grès marins supérieurs, comme ceux de Montmartre, de Romainville, de Sannois, de Montmorency, etc., de sorte que les trois grès admis dix ans auparavant sont reproduits ici avec cette différence que leur désignation est plus exacte. Le premier grès est celui qui est inférieur au calcaire grossier et recouvre les lignites, le second, celui qui surmonte le calcaire grossier lui-même, le troisième, celui qui s'étend sur la formation du gypse et des marnes qui l'accompagnent. La seule confusion qui subsiste encore dans ce classement provient de ce que l'on a continué de réunir à ce dernier horizon les gisements que nous venons de rappeler et qui appartiennent au second.

Dans la description de la *troisième formation d'eau douce*, Cuvier et Brongniart confondent toujours la meulière de la Ferté-sous-Jouarre, qui appartient en réalité à leur *seconde formation*,

et ils laissent ensuite dans un *incertæ sedis* les calcaires de Château-Landon et de Nemours au sud, sur la rive gauche du Loing, le calcaire siliceux de Louâstre, de Cugny-les-Ouches, de Plessier-Huleux, d'Hartennes, de Pont-Bernard, que traverse, au nord, la route de Soissons à Château-Thierry. Les uns et les autres appartiennent encore à la deuxième formation lacustre, et les derniers, ceux du nord, ne justifient point les présomptions suggérées par l'opinion d'Héricart-Ferrand (1).

Les profils généraux (pl. *B*) de cette seconde édition ne sont encore qu'une reproduction de ceux de la première. Quant à la *coupe théorique*, elle diffère à la fois et de la précédente et du texte même qu'elle accompagne. Ainsi, sous le titre d'*argile plastique* et non de *premier terrain d'eau douce*, on trouve, au-dessus de la craie, les poudingues de Nemours, dont il n'est question dans le texte qu'à l'article de la craie, puis au-dessus, *argile plastique, lignite et sable;* il n'est point question du *grès inférieur* ou *premier grès*, tandis que cette dénomination est encore attribuée, comme en 1811, à celui qui recouvre le calcaire grossier, lequel est, en réalité, le *second*. Les *terrains marins supérieurs* comprennent toutes les couches depuis les *marnes vertes* jusqu'aux grès supérieurs avec fer oxydé-hydraté. Les coupes locales des planches C, D, E ne peuvent être l'objet d'aucune observation.

Les plantes étudiées et décrites par M. Ad. Brongniart complètent la partie *paléophytologique* du travail. Ce sont, dans les couches dépendantes de l'argile plastique : le *Phyllites multinervis* et l'*Endogenites echinatus*, qui est peut-être aussi de la période du calcaire grossier où sont cités les *Culmites nodosus* et *ambiguus*, un *Phyllites*, le *Flabellites parisiensis*, le *Pinus Defrancei*, l'*Equisetum brachyodon*. Des palmiers et d'autres *Endogenites* sont plus haut, dans les marnes blanches, au-dessus du gypse; puis dans le calcaire lacustre supérieur sont signalés des *Exogenites*, le *Culmites anomalus*, le *Lycopodites squamatus* des Poacites, les *Carpolithes thalictroides*, *parisiensis* et

(1) *Annales des mines*, 1821, p. 419.

Websteri, le *C. ovulum*, les *Chara medicaginula*, *helicteres* et la *Nymphæa Arethusæ*, plantes qui accompagnent les coquilles fluviatiles et terrestres et le *Potamides Lamarckii*.

On voit, en résumé, que si l'on tient compte des dix années qui ont séparé les deux éditions de ce travail, dont on avait, pour ainsi dire, les éléments constamment sous les yeux, on pourrait s'étonner qu'il ait encore laissé tant de questions non résolues ou non abordées, dans un pays de collines et de plateaux découpés, en quelque sorte, exprès pour la plus grande commodité du géologue, où toutes les couches sont en place, sans qu'elles aient éprouvé ni métamorphismes ni dislocations, où les caractères pétrographiques des roches ont à chaque niveau une persistance remarquable, et où les horizons marqués par les fossiles offrent une constance non moins frappante, dans un pays, en un mot, où la nature s'est plu à réunir non-seulement toutes les conditions qui pouvaient faciliter les recherches, mais encore toutes les circonstances qui pouvaient leur donner de l'intérêt (1).

Aussi n'est-ce point par les quelques améliorations que l'édition de 1821 a apportées aux observations antérieures de Cuvier et de Brongniart qu'elle se recommande particulièrement à l'at-

(1) Dans un *Mémoire sur les grès coquilliers de Beauchamp* (*Journ. de phys.*, vol. XCIV, p. 1; 1822), Constant Prévost s'est occupé de constater la continuation de ce grès, à l'ouest, sur les rives de l'Oise, et du mélange des coquilles marines et d'eau douce. — Le même savant avait donné une Note avec Desmarest sur le gypse de la Hutte-au-Garde, au pied de Montmartre (*Journ. des mines*, n° 147, mars 1809), et une autre sur un nouvel exemple de la réunion des coquilles marines et fluviatiles (*Journ. de phys.*, vol. XCII, p. 418; 1821). — Voyez aussi Héricart de Thury, *Journ. des mines*, n° 207. — Desmarest a donné dans la *Géographie physique* de l'*Encyclopédie méthodique* une multitude d'articles rangés par ordre alphabétique, où l'on peut puiser d'utiles renseignements, mais qu'il est impossible de rappeler ici. Nous mentionnerons seulement l'article CRAIE pour les limites de ce terrain dans le bassin de la Seine. — De Férussac avait lu, en 1821, à l'Académie des sciences, un mémoire étendu *sur la formation de l'argile plastique et des lignites*; mais un extrait seul a été publié et ne renferme que des généralités de peu d'intérêt (*Journ. de phys.*, vol. XCIII, p. 74; 1821). — Les *Observations* de Gillet de Laumont *sur le gisement des*

tention des géologues, mais bien par les notes importantes que le dernier de ces savants a placées à la fin de chaque article, notes dans lesquelles il recherche et signale avec beaucoup de sagacité et une grande sûreté de coup d'œil toutes les localités, étrangères au bassin de la Seine, qu'il a observées lui-même ou sur lesquelles il avait des renseignements assez exacts pour les mettre géologiquement en parallèle et établir leur synchronisme avec les dépôts de ce bassin.

Par des rapprochements presque toujours heureux qui étendaient ainsi à une grande partie de l'Europe occidentale des vues limitées d'abord à une si petite région naturelle, Alex. Brongniart a donné à l'œuvre, commune dans l'origine, un caractère particulier d'une plus grande valeur que le travail primitif, qui, ainsi que nous l'avons fait remarquer, ne se distinguait pas par son mérite stratigraphique. Nous avons déjà cité un passage de l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, où l'on pouvait dire qu'était exprimée implicitement toute la théorie de nos jours sur l'indépendance paléozoologique des formations et les modifications partielles et successives des êtres organisés dans chacune d'elles, mais on pouvait dire aussi que l'application de ce principe n'ayant pas encore été faite sur de grandes étendues de pays ou à des points fort éloignés les uns des autres, sa généralité n'était pas prouvée. Mais ici les notes ajoutées par Brongniart répondent victorieusement à toutes les objections, et les faits ont pleinement justifié ce qu'il dit à ce sujet.

« Le développement des êtres organisés (p. 166, *note*) « suppose une longue série de siècles ou au moins d'an-

principales substances minérales qui se trouvent dans le département de la Seine et sur leur utilité dans l'agriculture et les arts justifient leur titre et n'ont absolument rien de géologique (*Mém. d'agriculture*, etc., publiés par la Soc. d'agriculture, vol. IV, p. 340, an x). Il en est de même d'une note d'Alex. Brongniart sur la colline de Champigny e d'une autre de Gillet de Laumont sur plusieurs produits siliceux. (*Journ des mines*, vol. V, p. 487 et 492, 1796-97.)

« nées qui établissent une véritable époque géognostique,
« pendant laquelle tous les corps organisés qui habitent sinon
« toute la surface du globe, au moins de très-grandes étendues
« de cette surface, ont pris un caractère particulier de famille
« ou d'époque qu'on ne peut définir, mais qu'on ne peut non
« plus méconnaître.

« Je regarde donc le caractère d'*époque de formation*, tiré
« de l'analogie des corps organisés, comme de première valeur
« en géognosie, et comme devant l'emporter sur toutes les
« autres différences, quelque grandes qu'elles paraissent;
« ainsi, lors même que les caractères tirés de la nature des
« roches (et c'est le plus faible), de la hauteur des terrains, du
« creusement des vallées, même de l'inclinaison des couches et
« de la stratification contrastante, se trouveraient en opposition
« avec celui que nous tirons des débris organiques, j'attribue-
« rais encore à celui-ci la prépondérance, car toutes ces diffé-
« rences peuvent être le résultat d'une révolution et d'une
« formation instantanée qui n'établissent point en géognosie
« d'époque spéciale. »

Nous avons vu que c'était un autre Français, l'abbé Giraud-Soulavie, qui le premier avait formulé nettement et appliqué le principe fondamental de la distinction des terrains par leurs fossiles. Mais ni sa note, écrite en 1777 et communiquée à l'Académie des sciences en 1779, ni son mémoire publié en 1780 et sa description du Vivarais donnés en même temps, ni surtout ses lettres à l'abbé Roux, qui parurent en 1784 (*antè*, p. 353-354), n'attirèrent l'attention des naturalistes, peu préparés encore à entrer dans cette nouvelle voie. Quinze ans plus tard, W. Smith était plus heureux en Angleterre. Il voyait ce même principe, appuyé d'ailleurs de plus de preuves, exposé avec plus de méthode, parce que le pays étudié était aussi plus favorable à la démonstration, il voyait, disons-nous, ce même principe accueilli avec empressement par tous ses compatriotes. L'un d'eux, après avoir traversé les Alpes, avait indiqué plusieurs rapprochements très-justes entre certaines roches secondaires de cette chaîne et

leurs analogues en Angleterre ; mais W. Buckland (1) avait en cela tenté beaucoup plus que l'état de la science ne permettait de le faire alors, et son travail, estimable d'ailleurs, a dépassé le but. Il nous suffira de rappeler que les schistes à poissons de Glaris y sont placés dans la grauwacke de transition, que l'existence du terrain houiller est complétement niée dans les Alpes, que le *magnesian limestone* représenterait le *calcaire alpin ancien*, etc.

De son côté, Alex. Brongniart, tout en allant bien plus loin que W. Smith, en montrant une grande hardiesse et une grande confiance dans la solidité de son principe, sut se renfermer dans de plus justes bornes que W. Buckland, et par suite éviter les fausses appréciations et les rapprochements prématurés de ce dernier.

Après avoir jeté un coup d'œil sur la craie des contrées qui avoisinent le bassin de la Seine, et montré ses relations et ses divisions naturelles, il indique celles de la craie glauconieuse de la Perte du Rhône, près de Belgrade, et, en 1817, gravit les montagn des Fiz et de Sales, non loin de Servoz, pour reconnaître, dans les roches noires que recouvrent les neiges perpétuelles, des dépôts crétacés inférieurs contemporains de ceux qui constituent les falaises de la Manche, entre la France et l'Angleterre. Appliquant son principe au terrain tertiaire inférieur, il en déduisit des rapprochements tout aussi exacts, mais il fut moins heureux en y rapportant certains dépôts coquilliers des bassins de la Loire, de la Garonne et de l'Adour. D'un autre côté, il a parfaitement reconnu que, par les caractères de leur faune, les couches tertiaires marines des environs de Perpignan, de Narbonne et de Montpellier étaient plus récentes que les gypses des environs de Paris, et que les premières au moins devaient être assimilées aux marnes subapennines de l'Italie.

(1) *Mémoire sur la structure géognostique des Alpes et des parties adjacentes du continent, et sur leurs rapports avec les roches secondaires et de transition.* (*Journ. de phys.*, vol. XCIII, p. 20, juillet 1821.)

Les réflexions d'Alex. Brongniart sur le parallélisme des sédiments tertiaires des bassins de la Tamise et du Hampshire avec ceux du bassin de la Seine, déjà signalé par Webster et représenté sur sa carte en 1814 (*antè*, p. 192), ne sont pas empreintes de moins d'exactitude que celles qu'il émet sur les relations des couches du même âge dans la Flandre, le Hainaut et le Brabant. Mais c'est dans l'appréciation de l'âge de la mollasse et du nagelfluh de la vallée suisse, regardé comme plus récent que celui du gypse de Paris, et surtout dans le rapprochement bien plus extraordinaire; pour le temps où il écrivait, des calcaires noirs compactes des Diablerets, élevés au nord-est de Bex, à plus de 3000 mètres au-dessus de la mer, des roches vertes à Nummulites de Glaris, du Pilate, de Saarnen, etc., avec le calcaire grossier de Vanves, de Vaugirard, de Montrouge, etc., qu'éclate surtout le profond jugement de Brongniart et sa foi absolue dans la valeur de son principe.

Appuyé sur les mêmes caractères paléozoologiques, il n'hésite pas à rapporter au même horizon les dépôts du pied méridional des Alpes dans le Véronais et le Vicentin, dépôts qu'il désigne, dans un mémoire spécial, par l'expression de *terrain Calcaréo-trappéen* (1), et dont nous avons vu que les naturalistes italiens du siècle dernier s'étaient beaucoup occupés. Les fossiles du val Ronca, du Monte-Viale, du val Nera, du Mont-Bolca, de Montecchio-Maggiore ne lui permettent pas de douter de ce parallélisme, et « il résulte, dit-il, de ces rapproche- « ments (p. 334), que tous ces terrains sont analogues dans « leurs caractères importants, non-seulement aux terrains de « sédiments supérieurs, mais à la partie de ces terrains qui est « inférieure au gypse. La présence de certaines espèces de co- « quilles particulières à cette partie, telles que les Camérines

(1) *Mémoire sur les terrains de sédiment supérieur calcaréo-trappéens du Vicentin*, in-4 avec 6 pl. de fossiles, 1823. — Les principaux résultats de ce travail avaient été insérés auparavant dans la *Description géologique des environs de Paris*.

« ou Nummulites, la *Neritina conoidea*, les Caryophyllies, etc., « celle des lignites, des poissons, et surtout de cette terre « verte, semblable à la chlorite, dont nous avons parlé si sou- « vent, l'absence des grès proprement dits, celle du mica ou « du moins de la variété de cette substance si abondante au « contraire dans les parties supérieures, offrent une réunion de « caractères qui doit faire rapporter les terrains calcaires « trappéens du Vicentin au calcaire grossier du bassin de « Paris inférieur au gypse. »

Les marnes calcaires et les brèches calcaréo-serpentineuses de la colline de Superga, près de Turin, enveloppent, continue-t-il, des coquilles analogues, pour la plupart, à des espèces des environs de Bordeaux, ce qui est vrai; mais ce qui ne l'est plus, c'est de comparer, comme il l'avait fait précédemment, ces dernières avec celles du calcaire grossier des environs de Paris.

Sur le revers méridional des Alpes maritimes, non loin de Nice, Brongniart signala les calcaires jurassiques auxquels succèdent des lambeaux de craie glauconieuse avec des Ammonites et des Bélemnites, puis des *calcaires analogues, par les coquilles qu'on y voit et principalement par la présence des Nummulites, au calcaire grossier inférieur*. Enfin, à 20 mètres au moins au-dessus du niveau de la mer actuelle, un dépôt de coquilles marines, à peine fossiles, serait plus récent encore que le *terrain marin supérieur* du bassin de la Seine : c'est celui que nous avons vu décrit par Risso, qui le regardait aussi, et par les mêmes motifs, comme très-récent.

Du côté de Menton, des couches bleuâtres, calcaréo-argileuses, inclinées, remplies de coquilles, de polypiers et d'une prodigieuse quantité de Nummulites très-grosses et très-bombées, présentent beaucoup des caractères de la base des terrains de sédiment supérieur (calcaire grossier). « Tous les terrains « que je viens de citer en Italie, ajoute Brongniart (p. 337), « peuvent être rapportés, avec la plus grande probabilité, au « terrain de calcaire grossier ou marin inférieur au gypse. Ceux « dont il me reste à parler, en Italie, appartiennent, avec le

« même degré de probabilité, à la formation marine supérieure « au gypse. Ils composent les collines que l'on nomme sub- « apennines, et qui s'étendent d'Asti, en Piémont, et jusqu'à « Monte-Leone, en Calabre. » Ce sont ceux que nous avons vus décrits par Brocchi et ses prédécesseurs.

Pour le bassin de Vienne et la Hongrie, les rapprochements de Brongniart n'ont pas toujours une exactitude aussi frappante, et on le conçoit, d'après les renseignements qui lui étaient transmis ou des observations qui pouvaient l'induire en erreur; mais il a reconnu, plus loin encore, sur le versant nord des Carpathes, en Volhynie, l'existence de dépôts semblables au calcaire grossier du bassin de la Seine.

Le parallélisme des gypses des environs du Puy-en-Vélay et de ceux d'Aix en Provence avec ceux de Montmartre est également établi, et les dépôts lacustres supposés plus récents que ces gypses sont mentionnés sur une multitude de points en France, en Espagne, en Angleterre, comme dans le Jura, la Suisse, l'Italie, la Hongrie, etc.

En même temps qu'il formulait et appliquait si heureusement aux terrains tertiaire et secondaire les nouveaux préceptes de la paléontologie stratigraphique, Alex. Brongniart disait, en parlant des terrains plus anciens dans lesquels se trouvent les trilobites (1) : « Il faut, pour caractériser les terrains, non-seule- « ment désigner les espèces qui s'y trouvent, mais les désigner « toutes, les déterminer très-exactement, de manière à ne pas « donner le même nom à des corps qui n'ont que des ressem- « blances apparentes, mais qui sont cependant des espèces dis- « tinctes, quoique très-voisines les unes des autres. Telle est la « liaison importante de la zoologie avec la géologie. C'est par « cette double considération qu'on atteindra le but que se pro- « pose cette dernière science, qui est la connaissance exacte « des rapports d'ancienneté des couches qui forment l'écorce « du globe. »

(1) *Hist. naturelle des crustacés fossiles*, p. 46, in-4 avec 3 pl. de trilobites, 1822.

CONCLUSION

Ici se termine, à proprement parler, la période historique des travaux sur les fossiles et sur les terrains de sédiment, travaux qui ont concouru simultanément à la détermination des lois de la distribution des premiers et de leurs rapports avec l'ancienneté des seconds. En Italie, en Suisse, en Allemagne et dans les pays limitrophes, comme en Angleterre et en France, l'importance des corps organisés dans la pratique de la géologie est alors généralement admise. A partir de 1822 commencent des études paléontologiques plus sérieuses, parce qu'elles ont un but mieux déterminé, une utilité mieux constatée; aussi les voyons-nous depuis lors se multiplier et s'étendre à toutes les parties du globe avec une rapidité qui semble encore s'accroître de jour en jour.

Descriptions d'espèces, monographies de genres ou de familles, examen spécial de la faune ou de la flore fossile d'un pays, d'un bassin géologique, d'une région géologique naturelle ou administrative, d'un terrain, d'une formation, d'un étage ou d'une simple couche, considérations générales et philosophiques sur la succession des êtres organisés dans le temps et sur leur distribution dans l'espace, examen approfondi des plus humbles organismes dans l'ancien et dans le nouveau continent; sur tous ces sujets la plus vive émulation s'est emparée des géologues, des zoologistes et des botanistes. Ils travaillent à l'envi à faire revivre, pour la science et ses applications, les faunes et les flores éteintes, depuis les plus grands mammifères jusqu'aux infusoires, depuis les plantes les plus élevées jusqu'aux simples agames, depuis les dépôts les plus récents jusqu'aux couches sédimentaires les plus anciennes où des traces de la vie ont été conservées.

Chaque contrée de l'Europe qui avait d'abord fourni son contingent n'a pas tardé à être suivie, dans ce mouvement général, par l'Asie, les deux Amériques, les parties accessibles

de l'Afrique, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et les grandes îles qui en dépendent. C'est ce vaste ensemble de documents, recueillis depuis 40 ans sur tous les points du globe, dont nous devrons essayer de reproduire le tableau le plus fidèlement possible.

L'exposé historique qui nous a occupé dans cette *première partie* du Cours, fort succinct relativement à tout ce que nous aurions pu y ajouter sur les découvertes des voyageurs et la marche des idées qui se rattachent à la connaissance des corps organisés fossiles, avait surtout pour but de démontrer que les principes qui doivent nous guider n'ont pas surgi tout à coup, ni d'une seule tête ni dans un seul pays, mais qu'ils résultent, au contraire, d'une multitude de recherches faites depuis longtemps par le concours simultané et indépendant de nombreux observateurs dans les contrées les plus différentes; ces principes ont donc la sanction du temps et de l'expérience, et nous ne courons, en les suivant, aucun risque de nous égarer.

FIN

DE LA PREMIÈRE PARTIE.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS CITÉS

DANS LE

PRÉCIS DE L'HISTOIRE DE LA PALÉONTOLOGIE STRATIGRAPHIQUE[1]

A

(1) Les noms de quelques auteurs mentionnés dans le texte, mais qui n'ont écrit que depuis 1822, n'ont pas dû être rappelés dans cette liste.

(2) *Remarques sur quelques montagnes et quelques pierres en Provence* (Mém. présentés à l'Académie des sciences. vol. II, p. 557, publié en 1755), omis à la page 278.

B

C

D

(1) *Journ. de Phys.*, vol. LXXXVI, p. 252, 1818.

(1) Précis de la discussion qui eut lieu entre les savants de divers pays sur la diminution de l'eau de la mer. Voy. un article de Desmarest dans l'*Encyclopédie méthodique, Géographie physique*, vol. I, p. 133. An III.
(2) *De montibus conchiferis et Glossopetris Alzeyensibus.*

(1) *Les Anciens Minéralogistes du royaume de France*. 2 vol. in-8. 1779. — Le titre de cet ouvrage devrait être : *Les anciens mineurs*, etc., car il n'y est point question de minéralogie proprement dite.

N

O

P

Q

R

S

(1) A l'article *Déluge universel* du *Dictionnaire philosophique* (5e éd., la première complète, 1765), Voltaire démontre avec beaucoup de justesse et de bon sens l'impossibilité physique de ce phénomène, et il y revient à l'article *Inondation*, tout en admettant que la mer a déposé anciennement les lits et les couches de coquilles qui font aujourd'hui partie des continents.

W

X

Z

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS CITÉS

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT.

DISCOURS D'OUVERTURE.

PRÉCIS D'UNE HISTOIRE

DE LA

PALÉONTOLOGIE STRATIGRAPHIQUE

CHAPITRE I.

CHAPITRE II.

ITALIE

P. 14.

CHAPITRE III.

P. 55.

CHAPITRE IV.

ILES BRITANNIQUES

P. 165.

CHAPITRE V.

P. 200.

CHAPITRE VI.

PAYS-BAS

P. 240.

CHAPITRE VII.

FRANCE

P. 251.

PREMIÈRE PÉRIODE.

P. 252.

CHAPITRE VIII.

DEUXIÈME PÉRIODE.

P. 333.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

p. 575. — Palissy, 508. — Plan de [illegible]
542. — Sol aux divers [illegible] 544. — De [illegible]
[illegible]
[illegible], 545. — Provence, 546. — Dauphiné, [illegible]

[illegible], 406. — Marcel de Serres, 407.

[illegible], 410. — Ingenia, 411. — Bonguières, 411. —
412. — Pays de Baise. Bo[illegible], 412. — Landes [illegible].
[illegible] 415. — Travaux de G. Gasier, 416. — [illegible]
[illegible] de 1808, 424. — [illegible]

[illegible], 452. — Faujas de Saint-Fond, 457. — [illegible]
[illegible] de [illegible], 452.

ON TROUVE A LA LIBRAIRIE F. SAVY

AGASSIZ. Recherches sur les poissons fossiles, comprenant la description de 500 espèces qui n'existent plus, l'exposition des lois de la succession et des développements organiques des poissons durant toutes les métamorphoses du globe terrestre; une nouvelle classification de ces animaux, exprimant leurs rapports avec la série des formations; enfin des considérations géologiques générales tirées de l'étude de ces fossiles. Neufchâtel, 1833-1843. 5 vol. in-4 et atlas de 400 pl. in-fol. publiées en 18 livraisons. . . . . . . 648 fr.

— Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge, ou Système devonien des Iles Britanniques et de la Russie. Soleure, 1844. 3 livraisons in-4 avec 41 pl. in-fol. . 100 fr.

— Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels, leur structure, leur progression et leur action physique sur le sol. Paris, 1847. 1 vol. in-8 et atlas in-folio de 3 cartes et 9 pl. (50 fr.). . . . . 37 fr. 50

— Études sur les glaciers. Paris, 1840. 1 vol. in-8 et atlas in-folio de 38 pl. . . 37 fr. 50

ARCHIAC (**D'**). Carte géologique du département de l'Aisne. 1 feuille coloriée. . . 7 fr.

ASTIER. Catalogue descriptif des Ancyloceras qui appartiennent à l'étage néocomien des Basses-Alpes. Lyon, 1851. Grand in 8 avec 9 pl. (9 fr.). . . . . 7 fr.

BARRANDE (**J.**). Système silurien du centre de la Bohême. 1re partie : Recherches paléontologiques, Crustacés, Trilobites. Paris, 1852. 2 v. in-4, dont un atlas de 52 pl. . 200 fr.

BERTRAND-ROUX. Description géognostique des environs du Puy-en-Velay. Paris, 1823. 1 vol. in-8, broché, avec coupes, carte géologique col. . . . . 8 fr.

BINKHORST VAN DEN BINKHORST (**J. T.**). Esquisse géologique et paléontologique des couches crétacées du Limbourg et plus spécialement de la craie tuffeau, 1re partie. Bruxelles, 1859. 1 vol. in-8, avec 5 pl. et une carte géologique, coupe, plan horizontal des carrières de Saint-Pierre. . . . . . . 10 fr.

BOUÉ (**A.**). Guide du géologue voyageur sur le modèle de l'Agenda geognostica de M. de Leonhard. Paris, 1835. 2 vol. in-12 (12 f.). 8 fr.

BOUVIER (**A.**). Périodicité des déluges universels. Date du dernier, époque du nouveau In-8 de 126 p. avec 10 fig. . . . . . . 3 fr.

BROCCHI. Conchyologia fossile subapennina con osservazioni geologiche sugit Appennini e sul suolo adjacente. Milan, 1814. 2 vol. grand in-4 avec 16 planches. . . . . 50 fr.
Cette édition est plus estimée et d'ailleurs beaucoup plus rare que l'édition en 2 v. in-18.

BRONGNIART (**Alex.**). Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles. Paris, 1828. In-8 de 223 pages . . . . 7 fr.

— Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe, ou Essai sur la structure de la partie connue de la terre. Paris, 1829. 1 vol. in-8 . . . . 10 fr.

BRONN (H. G.). Lethæa Geognostica oder abbildung und beschreibung der für die gebirgsformationen bezeichnendsten versteinerungen. Stuttgard, 1850-1856. 3 forts vol. in-8 en 12 parties, avec atlas de 124 planches in-folio de fossiles . . . . 150 fr.

— Index palæontologicus, oder Uebersicht der bis jetzt bekannten fossilen Organismen. A. Nomenclator palæontologicus, in alphabetischer Ordnung. Stuttgart, 1848-1850. 3 vol. in-8 (45 fr.). . . . . 30 fr.

BURAT (**Amédée**). Description des terrains volcaniques de la France centrale. Paris, 1833. 1 vol. in-8 avec 10 pl. . . . . 7 fr. 50

— Théorie des gîtes métallifères. Paris, 1845, 1 vol. in-8 avec gr. . . . . 10 fr.

CHAPUIS (**F.**) **ET DEWALQUE** (**G.**), Description des fossiles des terrains secondaires de la province du Luxembourg. Bruxelles, 1853. 1 vol. in-4 avec 28 pl. . . . . 20 fr.

— Nouvelles Recherches sur les fossiles des terrains secondaires de la province du Luxembourg, pour servir de suite à l'ouvrage précédent. Bruxelles, 1858. 1 vol. in-4 avec 20 planches. . . . . 10 fr.

CHARPENTIER (**J. DE**). Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées. Paris, 1823. 1 vol. in-8 avec pl. et carte géologique col. (13 fr.) . . . . 10 fr.

CONTEJEAN (**Ch.**). Étude de l'étage kimméridien dans les environs de Montbéliard, dans le Jura, la France et l'Angleterre. 2e édition. Paris, 1859. 1 vol. in-8 avec 27 pl. . . 15 fr.

COQUAND (**H.**). Géologie et paléontologie de la région sud de la province de Constantine. Marseille, 1862, 1 vol. in-8 de 320 p. avec 40 pl. de fossiles. . . . . 40 fr.

COTTEAU ET TRIGER, Échinides du département de la Sarthe, publiées par livraisons de 3 feuilles de texte et de 10 pl. En vente les livraisons I à VIII. Prix de chaque. 7 fr. 50

CUVIER (**F.**). Des Dents des mammifères considérées comme caractères zoologiques. Paris, 1825, 1 vol. in-8 avec 100 pl. . . . . 45 fr.

— (**Georges**). Recherches sur les ossements fossiles, où l'on rétablit les caractères de plusieurs animaux dont les révolutions du globe ont détruit les espèces. 4e et dernière édition, revue et complétée par l'auteur. Paris, 1831. 10 vol. in-8 et 2 atlas in-4 contenant 280 pl. de fossiles (150). . . . . 50 fr.

— **ET BRONGNIART** (**Alexandre**). Description géologique des environs de Paris. 3e édit. Paris, 1835. 1 vol. in-8 de 700 pages; cart., avec un atlas in-4 de 18 pl. (21). 10 fr.

DEFRANCE. Tableau des corps organisés fossiles, précédé de remarques sur leur pétrification. Paris, 1824. In-8. . . . . 3 fr.

DESHAYES (**G. P.**). Description des Coquilles fossiles des environs de Paris. 1824-1837. 3 vol. in-4, avec 166 pl. . . . . . . 150 fr.

DELESSE (**A.**) Carte géologique souterraine de la ville de Paris, publiée d'après les ordres de M. le baron Hausmann, sénateur, préfet de la Seine. 2 feuilles gr.-monde impr. en lithocromie, avec coupes et légende explic. 25 fr.
La même carte, collée sur toile et cartonnée avec toile anglaise. . . . . 30 fr.

— Carte hydrologique de la ville de Paris, 2 feuilles grand-monde impr. en lithochromie avec coupes et légende explicative. . . 20 fr.
La même carte, collée sur toile et cartonnée avec toile anglaise. . . . . 25 fr.

DELESSE (**A.**). Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches, 2e édit. Paris, 1862. Broch. in-8. . . . . . 1 fr. 25

DUFRENOY ET ÉLIE DE BEAUMONT. Carte géologique de la France, publiée par ordre de M. le ministre des travaux publics, 6 feuilles grand-aigle coloriées, collées sur toile et pliées. In-4. . . . . . . 167 fr. 50

— Explication de la Carte géologique de la France, publiée par ordre de M. le ministre des travaux publics. 4 vol. in-4. En vente les tomes I et II. . . . . 33 fr. 75

— Carte géologique de la France, imprimée en couleur (réduction de la grande carte en 6 feuilles). 1 feuille. . . . . 5 fr.
La même, collée sur toile avec étui. . . 7 fr.

DUNCKER ET MEYER (**H. V.**). Palæontographica Beitræge zur Naturgeschichte der Vorwelt. Cassel, 1846-1862. 9 vol. in-4, 314 pl. (580) . . . . 350 fr.

EBRAY. Carte géologique du département de la Nièvre. Paris, 1862. 1 feuille col. . . 15 fr.

FAVRE (A.). Carte géologique des trois parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du mont Blanc. 1 feuille col. 18 fr.

FOURNET (J.) Géologie lyonnaise. Paris, 1862. 1 très-fort vol. grand in-8. . . . . . 24 fr.

—— Du Mineur, son rôle et son influence sur les progrès de la civilisation, d'après les données actuelles de l'archéologie et de la géologie. Paris, 1862. 1 vol. gr. in-8 de 475 p. 7 fr. 50

FROMENTEL (DE). Introduction à l'étude des éponges fossiles. 1859. 1 vol. in-4, avec planches. . . . . 3 fr.

—— Description des polypiers fossiles de l'étage néocomien. Paris, 1857. 1 v. in-8, avec pl. 5 fr.

—— Introduction à l'étude des polypiers fossiles, comprenant leur histoire, leur anatomie, leur mode de production et de multiplication, leurs habitudes extérieures, leur classification d'après la méthode dichotomique, la description des ordres, des familles, des genres, et la synonymie et la description succinte de toutes les espèces connues. Paris, 1858-1861. 1 volume in-8. . . . . 5 fr.

—— Monographie des polypiers jurassiques supérieurs. Première partie. *Étage Portlandien.* Paris, 1862. 1 v. in-4 de 56 pages avec 7 pl. . . . . 6 fr.

GAUDRY (A.). Géologie de l'île de Chypre. Paris, 1862. 1 v. in-4, avec 72 fig. et 1 c. géol. imprimée en couleur. . . . . 15 fr.

GOLDFUSS (réimpression de), sous la direction et avec des notes du professeur Ferdinand Rœmer de Breslau. Petrefacta Germaniæ iconibus et descriptionibus illustrata. Abbildungen und Beschreibend der Petrefacten Deutschlands und der engrenzenden Lander. Leipzig, 1862. 1 fort vol. avec atlas in-fol. de 200 pl. de fossiles. . . . . 280 fr.

GRAS (SCIPION). Description géologique du département de Vaucluse, suivie d'une Notice sur ses mines et ses carrières. Paris, 1862. 1 vol. gr. in-8, avec des pl. de coupes géologiques. . . . . 8 fr.

—— Carte géologique du même département. 1 feuille grand-aigle coloriée. . . . . 7 fr.

HÉBERT. Les Mers anciennes et leurs rivages dans le bassin de Paris, ou Classification des terrains par les oscillations du sol. Paris, 1857. 1 vol. in-8 avec pl. . . . . 3 fr. 50

—— **ET E. DESLONCHAMPS.** Mémoires sur les fossiles de Montreuil-Bellay (Maine-et-Loire). Paris, 1860. 1 vol. in-8, avec 9 planches de fossiles. . . . . 4 fr. 50

KŒCKLIN-SCHLUMBERGER (J.) ET SCHIMPER. Mémoire sur le terrain de transition des Vosges. Géologie et paléontologie. Strasbourg, 1862. 1 vol. grand in-4 avec 30 pl. de fossiles. . . . . 30 fr.

LEYMERIE ET RAULIN. Carte géologique de l'Yonne. 6 feuilles col. Paris, 1858. 18 fr.

—— Statistique géologique du département de l'Yonne. Paris, 1858. 1 fort vol. in-8 avec coupes et carte coloriées. . . . . 15 fr.

MARCOU (J.). Carte géologique de la Terre à l'échelle de 1/23,000,000. Winthertur, 1861. 8 feuilles lithographiées et coloriées. . 16 fr.

MATHERON (P.). Recherches comparatives sur les dépôts fluvio-lacustres tertiaires des environs de Montpellier, de l'Aude, de la Provence. Marseille, 1862. 1 volume in-8 avec tableau. . . . . 2 fr. 50

MÉNE (CH.) Géologie, Minéralogie et Paléontologie du département du Rhône. Paris, 1862. 4 vol. gr. in-8 avec pl. . . . . 48 fr.

L'ouvrage se publie en 24 livraisons. En vente les livraisons 1 à VI. . . . . 12 fr.

PALÆONTOGRAPHICAL SOCIETY (Mémoirs of the). Collection complète. London, 184[illegible] 1859. 12 vol. in-4 avec nombreuses pl. 360 f[illegible]

PICTET (F. J.). Description de quelques poi[illegible] sons fossiles du mont Liban. 1 v. grand in-[illegible] avec 10 pl. . . . . 15 f[illegible]

—— **ET RENEVIER.** Description des fossil[illegible] du terrain aptien de la perte du Rhône, et 1 vol. in-4 avec 23 pl. . . . . 40 f[illegible]

—— **G. GAUDIN ET PH. DE LA HARP[illegible]** Mémoires sur les Animaux vertébrés trouv[illegible] dans le terrain sidérolithique du canton [illegible] Vaud. 1 vol. in-4 avec 15 pl. . . . . . 26 f[illegible]

—— **ET A. HUMBERT.** Monographie d[illegible] chéloniens de la molasse suisse. 1 vol. in-[illegible] avec 22 pl. . . . . 30 f[illegible]

—— **ET A. HUMBERT.** Description d'un émyde nouvelle (emys etalloni) du terrai[illegible] jurassique supérieur de Saint-Claude. 1 vo[illegible] in-4, avec 3 pl. . . . . 5 f[illegible]

—— **ET P. DE LORIOL.** Description d[illegible] fossiles du terrain néocomien des Voirons. 1 [illegible] in-4, avec 2 pl. de coupes, 13 pl. de fossiles [illegible] un atlas in-folio contenant les poissons. 50 f[illegible]

—— **CAMPICHE ET DE TRIBOLET** Description des fossiles du terrain crétacé d[illegible] Sainte-Croix, Ire partie, 1 vol. in-4, avec [illegible] géol., coupes et 43 pl. de fossiles. . . 80 f[illegible]

—— **ET CAMPICHE.** Description des fossil[illegible] du terrain crétacé de Sainte-Croix (IIe partie 5 livr. parues et 25 pl. . . . . 42 fr. 5[illegible]

—— **ET A. JACCARD.** Description des rep[illegible] tiles et poissons fossiles de l'étage virgulie[illegible] du Jura Neufchâtelois. 1 v. in-4 de texte ave[illegible] 19 pl. . . . . 25 fr. 5[illegible]

PILLET (LOUIS), Description géologique d[illegible] environs d'Aix, en Savoie. Chambéry, 1859. 1 v[illegible] in-8 cartonné avec 10 pl. de fossiles, 4 pl. d[illegible] cartes, coupes, tableau des terrains. . . 6 f[illegible]

—— Étude géologique sur les Alpes de Mau[illegible] rienne avec carte géologique et coupe. . 2 f[illegible]

REYNÉS (P.). Études sur le synchronisme [illegible] la délimitation des terrains crétacés du su[illegible] est de la France. Paris, 1861. Gr. in-8 ave[illegible] coupes . . . . 5 f[illegible]

SISMONDA (A). Carta geologica di Savoja Piemonte e Liguria. Torino, 1862. 1 feuille co[illegible] loriée, collée sur toile, dans un étui . 18 f[illegible]

STOPPANI (A.). Paléontologie lombarde, o[illegible] Description des fossiles de Lombardie, publié par plusieurs savants.

Cet ouvrage se publie depuis 1858, par livrai[illegible] sons in-4 de texte et de planches.

En vente : *Première série.* Les Pétrification d'Esino et de Lenna, ou description des fossile[illegible] appartenant au dépôt triasique supérieur de[illegible] environs d'Esino en Lombardie, divisée en qua[illegible] tre monographies contenant les Gastéropodes les Céréphales, les Brachiopodes, les Ennoïdes les Amorphozoaires, par Stoppani, formant 150 p[illegible] de texte, 31 pl. et une carte géol. (partie com[illegible] plète). . . . . 44 f[illegible]

Deuxième série. Les Mammifères fossiles d[illegible] la Lombardie, par E. Cornalia. Livraisons [illegible] à 3. . . . . 12 f[illegible]

Troisième série. Fossiles des couches à Avicu[illegible] la contorta, en Lombardie, par A. Stoppani. Li[illegible] vraisons 1 et 2. . . . . 8 f[illegible]

THIOLLIÈRE (VICTOR). Description d[illegible] poissons fossiles du Bugey. Paris, 1854. 1 [illegible] gr. in-folio, avec 10 pl. coloriées. . . 20 f[illegible]

VILANOVA Y PIERA (DON JUAN). Ma[illegible] nual de geologia applicada a la agricultura y [illegible] las artes industriales. Madrid, 1861. 2 forts vol in-8 avec fig. dans le texte et un atlas de 32 pl noires et coloriées. . . . . 28 f[illegible]

—— Memoria geognostico agricola sobre la pro[illegible] vincia de Castellon. Madrid, 1859. 1 vol. in-[illegible] avec pl. et cartes géol. . . . . 8 f[illegible]

PARIS — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

INTRODUCTION A L'ÉTUDE

DE LA

PALÉONTOLOGIE

STRATIGRAPHIQUE

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

INTRODUCTION A L'ÉTUDE

DE LA

PALÉONTOLOGIE

STRATIGRAPHIQUE

COURS PROFESSÉ AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

PAR

A. D'ARCHIAC

MEMBRE DE L'INSTITUT

TOME SECOND

CONNAISSANCES GÉNÉRALES
QUI DOIVENT PRÉCÉDER L'ÉTUDE DE LA PALÉONTOLOGIE
ET
PHÉNOMÈNES ORGANIQUES DE L'ÉPOQUE ACTUELLE
QUI S'Y RATTACHENT

Avec figures dans le texte et 3 Cartes

t. 1
l.

PARIS

F. SAVY, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES SOCIÉTÉS GÉOLOGIQUE ET MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE

24, RUE HAUTEFEUILLE, 24

—

MDCCCLXIV

AVERTISSEMENT.

Pour nous conformer à notre programme, ce livre comprendra les sujets traités dans les leçons de la fin de 1862, et, à cause de l'abondance des matériaux, dans une partie de celles du printemps suivant. Il complète ainsi ce que nous avions indiqué comme devant constituer une *Introduction* spéciale à notre Cours. La *première partie* avait été consacrée au *Précis de l'histoire de la Paléontologie stratigraphique*, la *seconde* embrassera, sous la dénomination de : *Connaissances générales qui doivent précéder l'étude de la Paléontologie et phénomènes organiques de l'époque actuelle qui s'y rattachent*, des sujets très-divers, mais qui tous peuvent l'éclairer, la compléter, et tendre à expliquer le passé par la connaissance du présent.

Ces sujets n'avaient pas encore été présentés ni rapprochés à ce point de vue ou dans leurs relations avec l'histoire des êtres organisés anciens. Nous ne sachions pas que la plupart d'entre eux aient jusqu'à présent fixé l'attention d'une manière particulière, pas plus dans les cours de zoologie, de paléontologie et de géologie que dans les traités généraux de ces diverses sciences. Il y avait donc nécessité de les réunir dans un même cadre et de les développer pour les personnes qui désirent étudier sérieusement les corps organisés fossiles. Elles pourront y trouver des rapprochements ou des comparaisons utiles, et en même temps des principes généraux que les recherches de détail ne doivent pas faire oublier.

Nous avons aussi pensé que, par leurs caractères même, un certain nombre des matières que nous nous proposons de traiter intéresseraient des personnes qui ne s'occupent particulièrement ni de géologie, ni de paléontologie, et qu'elles y rencontreraient des faits et des considérations plus ou moins applicables à d'autres sciences.

Nous nous sommes préoccupé surtout des rapports de la physique du globe, et de ce qui s'y rattache à un titre ou à l'autre, avec les phénomènes

biologiques. Ces relations sont souvent négligées par les naturalistes qui, livrés trop exclusivement à l'examen des espèces, perdent de vue les causes extérieures, agissant directement, de nos jours, soit à la surface des continents, soit dans les profondeurs des mers et des lacs, sur les fonctions et les caractères des organes, et par conséquent sur ceux des animaux et des végétaux eux-mêmes.

On peut ajouter que ces relations nous seront d'une grande ressource lorsque nous voudrons rendre compte des particularités des faunes et des flores des temps géologiques, lesquelles doivent traduire, à leur tour, jusqu'à un certain point, les conditions météorologiques, la nature des milieux et toutes les autres circonstances physiques qui ont présidé à leur développement ou concouru à leur extinction. Il nous a paru enfin que ces diverses questions devaient surtout être traitées dans un enseignement comme celui du Muséum, où l'on ne doit négliger aucun des grands aspects, aucun des rapports généraux, aucune des conséquences importantes qui peuvent se déduire de l'étude d'une science.

COURS
DE
PALÉONTOLOGIE
STRATIGRAPHIQUE

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER.

PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX ANTÉRIEURS A L'ÉPOQUE ACTUELLE.

§ 1. De l'origine des êtres et de leur développement.

S'il est nécessaire, avant d'entrer dans le domaine proprement dit de l'histoire ou du passé de notre planète, de tracer un tableau des phénomènes biologiques de nos jours et des conditions de la vie à sa surface, il est certaines questions, d'un ordre très-général, qui nous paraissent cependant devoir précéder encore ce tableau. Observations générales.

Ces questions se rattachent, non plus aux conditions actuelles de la vie, mais à celles qui ont dû exister à des époques antérieures, et, malgré le vague qui les entoure encore, nous ne pouvons nous soustraire à l'obligation d'en traiter ici afin de prévenir, autant que possible, les objections qu'elles pourraient faire naître. Il ne faut point d'ailleurs confondre ces propositions toujours un peu spéculatives avec les lois générales que nous exposerons plus tard et qui résultent de l'examen comparé des faits; les unes doivent précéder l'étude des détails

pour l'éclairer et la guider, les autres doivent la suivre parce qu'elles en sont la conséquence.

A cet égard nous nous inspirerons quelquefois des vues émises par un homme éminent que la science a perdu récemment et qui joignait à de vastes connaissances un véritable esprit philosophique. H. G. Bronn (1) était un savant spiritualiste; l'étude des corps organisés, à laquelle il se livra avec tant d'ardeur et de persévérance, n'était pas un but pour lui; c'était seulement un moyen de pénétrer les secrets de la nature, de remonter vers l'origine des choses, pour entrevoir même, s'il était possible, le plan et la fin que s'était proposé l'Ordonnateur de l'univers.

Bronn, paléontologiste profond, se préoccupait à juste titre de la recherche des lois générales; son regard embrassait de vastes horizons, où, si parfois il semblait s'égarer, la sûreté de son jugement et l'immensité de ses connaissances positives le ramenaient bientôt aux données de l'expérience et de l'observation directe.

Son *Histoire de la nature* d'abord (2) et plus tard son ouvrage intitulé *Des lois du développement du monde organique* (3) sont des œuvres originales, d'une haute portée, qui nous révèlent toute la profondeur et l'étendue de son esprit. On ne peut trop les méditer, et le résultat de cette étude, qui exige à la vérité une attention très-soutenue et, disons-le, quelquefois même pénible, sera certainement d'élever et d'agrandir les idées du lecteur, de lui faire entrevoir des aperçus nouveaux, des voies encore inexplorées et très-propres à compléter de plus en plus l'histoire biologique de la terre.

Il n'a manqué à ce naturaliste penseur, pour réagir davantage sur les esprits de son temps et en dehors de son propre pays, qu'une meilleure méthode dans l'exposition et l'arrange-

(1) Henry-Georges Bronn, né à Ziegelhausen, conseiller et professeur à l'université d'Heidelberg, est mort dans cette ville le 5 juillet 1862, à l'âge de soixante-deux ans.

(2) *Handbuch einer Geschichte der Natur*, 1re et 2e parties, 1841-42.

(3) *Untersuchungen über die Entwickelungs-Gesetze der organischen Welt*, in-8. Stuttgart, 1858.

ment des faits, plus de clarté dans le développement et l'enchaînement des idées et de s'exprimer dans une langue dont les difficultés ne soient pas venues s'ajouter à celles du sujet lui-même. Avec ces qualités, indépendantes de la valeur des idées, son nom eût acquis une popularité que d'autres ont obtenue de leur vivant à bien moins de titres, mais que peut-être la justice tardive de l'avenir ne lui refusera pas.

Exposition.

Par un examen attentif des faunes et des flores qui ont successivement peuplé la surface du globe nous pourrons arriver, dit Bronn (1), à déterminer le moment où telle ou telle espèce animale ou végétale a commencé à paraître dans les eaux ou sur le sol émergé, en un point donné ; nous pourrons également assigner le terme de son existence, sans pour cela que la raison de son apparition ni celle de sa disparition nous soit connue. Il nous sera donc possible d'exposer d'une manière plus ou moins complète, suivant l'état de la science en chaque lieu, la série des êtres organisés qui s'y sont développés dans le temps, mais la cause même ou la loi fondamentale de cette succession nous échappera probablement toujours, parce qu'elle doit tenir au principe même de la création dont nous ne connaissons que les effets. Nous ne devons à cet égard rechercher que les probabilités, en écartant de nos spéculations les hypothèses qui nous paraissent les moins fondées.

Hypothèses sur l'origine des êtres organisés.

On a supposé longtemps que l'idée des générations équivoques ou spontanées, qui aujourd'hui encore trouve des défenseurs, bien qu'appliquée aux animaux les plus inférieurs, ceux qui se placent à la limite des deux règnes, pouvait servir à expliquer l'origine première des êtres plus élevés. On pensait que devenues successivement plus parfaites et plus compliquées par l'action d'une force inhérente à leur nature et favorisées par les conditions du milieu ambiant, ces ébauches avaient pu atteindre

(1) *Essai d'une réponse à la question de prix proposée par l'Académie des sciences* (*Supplément aux Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol. II, p. 511; 1861). — C'est à ce travail couronné par l'Académie en 1856, et dont l'ouvrage précédent est une traduction allemande, que se rapportent nos citations.

graduellement aux facultés plus élevées des organismes supérieurs.

Des noms, justement célèbres à d'autres titres dans les sciences, ont, dans ce siècle même, appuyé de leur autorité ces vues d'un autre âge. De Lamarck et Ét. Geoffroy Saint-Hilaire ont eu pour antagoniste dans cette voie G. Cuvier qui n'a jamais admis que les influences exercées par les différentes manières de vivre ou par d'autres causes extérieures aient pu changer une espèce en une autre, et à bien plus forte raison les caractères génériques ou ceux des familles. MM. Oken et d'Alton en Allemagne, Unger à Vienne, Grant en Angleterre, n'en ont pas moins persisté à soutenir que, puisque nous ne connaissons aucune force naturelle qui ait pu produire les espèces, il faut qu'elles soient provenues de la transformation d'une espèce antérieure voisine et ordinairement plus simple. Mais de ce que nous ne connaissons pas une chose il ne s'ensuit pas nécessairement qu'une autre soit vraie ou démontrée; or, ici nous ne voyons qu'une simple affirmation opposée à une négation basée sur l'observation des faits actuels.

Les expériences directes exécutées dans ces derniers temps et avec les précautions les plus délicates semblent avoir démontré le peu de fondement de l'hypothèse des générations spontanées et par conséquent avoir renversé la base même de la théorie biologique des transformations; mais nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre suivant, consacré à l'*Espèce*, et nous n'avons à rappeler ici que les données les plus générales déduites de l'observation directe.

Les organismes les plus anciens que nous connaissions, ceux que l'on trouve dans les premiers sédiments de la surface de notre planète, qui en ont conservé quelques traces, détruisent, comme ceux de la nature actuelle, l'hypothèse que les êtres les plus parfaits proviennent de modifications séculaires d'espèces antérieures moins élevées. Les mollusques et les crustacés ont assisté aux premières manifestations de la vie. Ceux-ci même sont les plus constants et les plus variés dans les couches les plus basses de la série géologique. Ainsi, sur

174 espèces que l'on comptait en 1859 dans ce que l'on a appelé la *faune primordiale*, tant en Europe que dans l'Amérique du Nord, il y avait 122 espèces de crustacés appartenant à 18 genres dont 2 seulement remontaient plus haut, et 1 espèce aussi s'était continuée au delà des limites de cette même faune, dans laquelle se montraient en outre 18 espèces de brachiopodes. Nous ne trouvons donc encore dans la nature aucune preuve directe de l'hypothèse. La force qui a produit ces premiers organismes semble, à la vérité, s'être accrue et développée de plus en plus dans certaines directions; mais il ne s'ensuit nullement qu'il y ait eu transformation des anciennes espèces dans les nouvelles, et celles-ci ont dû naître, comme celles-là, sans une intervention directe et nécessaire de leurs prédécesseurs.

Succession des êtres organisés.

Maintenant la succession des diverses formes animales et végétales indique une marche constante et un plan uniforme qui ne peuvent être l'effet du hasard. Chaque espèce n'a qu'une durée temporaire; elle disparaît après avoir vécu plus ou moins longtemps dans un espace plus ou moins étendu, cédant ainsi la place à une ou à plusieurs autres dont l'organisation est souvent plus compliquée.

Les êtres contemporains, qui constituaient la faune et la flore à un moment donné de la vie de la terre, offraient un ensemble dont toutes les parties étaient solidaires les unes des autres comme de nos jours. Ceci est évident lorsqu'on considère ces faunes, non pas en un point, mais en masse, sous le rapport de leurs fonctions, de leur manière de vivre, de se nourrir, de leurs influences réciproques et de leurs relations sociales, s'il est permis de s'exprimer ainsi.

L'apparition et la disparition des êtres ont dû par conséquent suivre une loi constante pour que ces rapports ne fussent pas rompus, pour que l'équilibre ne fût pas troublé. Les animaux herbivores, en relation nécessaire avec les caractères de la flore et les animaux carnassiers auxquels ils servaient de pâture, ont dû suivre dans les diverses classes une marche parallèle de remplacement. Les grands animaux, comme les petits, ceux dont les conditions de la vie sont si précaires et dont le mode de re-

production expose à tant de chances de mort, aussi bien que ceux qui ont au contraire le plus de chances de conservation, ont toujours dû présenter des résultats analogues à ce que nous avons sous les yeux, et par conséquent se trouver dans des situations comparables pour accomplir à chaque moment l'œuvre de la création. Néanmoins il y a eu, comme nous venons de le dire, pour chaque espèce, pour la plupart des genres et pour beaucoup de familles, un moment où ces conditions ont cessé. C'est lorsque leur cycle s'est trouvé accompli, cycles inégaux pour chacun, tantôt très-longs, embrassant même tous les âges de la terre, tantôt très-limités à ce qu'il semble, ne s'étendant pas au delà de quelques milliers d'années et peut-être moins encore.

Ainsi nous n'apercevons pas de loi commune absolue quant à la durée du temps pendant lequel les types organiques ont subsisté ; mais peut-être pourrait-on reconnaître la suivante quant aux divers degrés d'organisation, savoir : que la persistance des formes en général se trouverait être en raison inverse de leur élévation dans la série. Les êtres les moins compliqués paraissent être à la fois ceux dont la durée a été la plus longue et qui se sont le plus propagés en surface. Les organismes les plus simples auraient alors mieux résisté aux changements ou aux différences de conditions extérieures que les plus compliqués.

De l'homme. Ce plan gradué et néanmoins toujours complet que la nature a suivi jusqu'à l'apparition de l'homme n'a pas eu nécessairement pour but l'existence ni l'agrément de ce dernier. Cette idée d'une cause finale bornée, à laquelle nous voyons même encore aujourd'hui bon nombre d'esprits se rattacher, en se fondant sur l'apparence déceptive de certaines données générales que ne justifie nullement une étude plus sérieuse des faits, flattait trop notre amour-propre pour n'être pas souvent reproduite.

Mais rien jusqu'à présent ne prouve que l'homme soit la fin ou le dernier mot de la création, qu'il en soit, comme on l'a dit, le couronnement ; et en effet l'idée de créatures plus parfaites, douées d'attributs différents, se retrouve en germe,

dans toutes les théogonies, chez tous les peuples d'un développement moral assez avancé, comme le pressentiment de ce que l'avenir doit réaliser. Relativement à l'histoire de la terre, la venue de l'homme n'a rien offert de particulier; elle ne coïncide avec aucun phénomène spécial ; elle se confond avec les autres éléments d'une faune terrestre remarquable par les dimensions gigantesques de ses principaux types dont plusieurs ont disparu, tandis que le plus grand nombre vit encore.

Par ses caractères physiques l'homme se rattache évidemment à tout ce qui l'environne comme à tout ce qui l'a précédé ; mais il s'en distingue si nettement à d'autres égards, que certains anthropologistes ont pu être tentés de créer un règne à part, le *règne humain*.

Si le mystère de son origine doit rester constamment voilé pour lui, les êtres plus parfaits destinés à lui succéder pourront comprendre la raison de leur propre essence. Ainsi auront apparu, dans trois phases principales de l'histoire de la terre, d'abord des êtres possédant seulement ce qui était nécessaire à la conservation de l'espèce pendant un temps déterminé, ne jouant qu'un rôle passif dans la nature et inconscients des résultats auxquels ils concourent, puis d'autres doués de facultés plus élevées, de la pensée qui crée, de l'intelligence qui conçoit, de la réflexion qui combine et qui juge, de l'application qui exécute et qui perfectionne, du sentiment moral qui dirige, ayant en outre la conscience de leur propre existence et celle des phénomènes du monde extérieur ; enfin d'autres êtres plus complets encore auxquels seront peut-être réservées la science du passé et de l'avenir en ce qui les concerne et l'explication de ces redoutables problèmes autour desquels depuis tant de siècles l'humanité s'agite, sans qu'ils paraissent encore plus près d'être résolus qu'au jour de sa naissance.

Quant au rôle que l'homme était appelé à jouer dans l'économie générale de la nature, soit comme réagissant sur les phénomènes physiques ou sur les êtres organisés qui l'entourent, soit comme concourant aussi au maintien de l'équilibre dont nous parlions tout à l'heure, c'est un point essentiel sur

lequel nous aurons occasion de revenir à plusieurs reprises.

Causes générales de l'harmonie de la nature.

L'exécution de ce plan admirable et si parfaitement suivi depuis l'origine des choses peut être considérée comme l'effet immédiat de l'activité systématique, continue, d'un créateur qui a calculé et pesé l'ordre d'apparition, le degré d'organisation et la distinction de ces innombrables espèces d'animaux et de végétaux, qui les a créées séparément, suivant le temps et le lieu qui leur convenaient, ou bien ce peut être le résultat d'une force naturelle inconnue, ayant produit les espèces végétales et animales suivant des lois propres à son activité, coordonné et déterminé l'arrangement de leurs rapports généraux et spéciaux.

Dans ce dernier cas, on conçoit que cette force vitale a dû être soumise à l'influence des forces inorganiques ou des actions physiques et chimiques, présidant au développement progressif, ainsi qu'aux modifications de la surface du globe, et réglant de la sorte les conditions de la vie pour les êtres qui devaient s'y établir, et dont le nombre, la variété et la perfection devaient s'accroître avec le temps.

On peut seulement expliquer de cette manière comment le développement du monde organique a pu marcher d'un pas égal à celui du monde inorganique, et cette force hypothétique, quelque nom qu'on lui donne, se trouverait alors en parfaite harmonie avec l'économie entière de la nature. Mais, d'un autre côté, nous reconnaîtrons que la succession des êtres dans le temps a dû se faire suivant des lois propres à l'organisme lui-même.

« Un créateur, dit G. Bronn (page 514), qui présiderait au « développement de la nature organique par les seuls effets de « l'attraction et de l'affinité, répondrait en même temps à une « idée beaucoup plus sublime, que si nous admettions qu'il « prenne continuellement, pour l'introduction et le changement « des plantes et des animaux, dans les milieux aquatiques et « atmosphériques de la terre, les mêmes soins que prend un « jardinier pour la culture de son jardin.

« Ainsi nous croyons que toutes les espèces d'animaux et de

« végétaux ont été créées originairement par une force naturelle aujourd'hui inconnue (1) ; qu'elles ne doivent pas leur « origine à une transformation successive de quelques formes « primitives, et que cette force a été dans la connexion la plus « intime et la plus nécessaire avec les forces et les événements « qui ont réglé le développement de la surface du globe (2). »

Hypothèses sur le développement des êtres.

En considérant l'ordre d'apparition de certains animaux, quelques personnes ont pensé que la succession des êtres organisés pouvait répondre au développement de l'imparfait au parfait, ou, plus exactement, du simple au composé. MM. Sedgwick, H. Miller, Agassiz et Bronn ont émis quelques idées dans ce sens, tandis que MM. R. Owen, Alc. d'Orbigny, Ed. Forbes et plusieurs autres les ont combattues.

Quelques auteurs ont cru reconnaître dans des types anciens de végétaux et d'animaux des points de départ communs pour des séries de formes plus récentes, qui se divisent en branches et en rameaux développés en divers sens. Certains types de reptiles ont paru se prêter à ces idées; mais il semble y avoir dans ces spéculations plus d'imagination de la part des auteurs

(1) Il ne faudrait pas conclure de cette expression que les forces productrices de la nature fussent épuisées et qu'aucune combinaison nouvelle ne puisse être réalisée; il est beaucoup plus probable au contraire qu'il n'y a pas plus d'arrêt dans le présent qu'il n'y en a eu dans le passé.

(2) Nous croyons utile de rappeler ici ce que nous avons déjà dit (*Discours d'ouverture*, vol. I, p. VIII), que la paléontologie, prise dans sa véritable acception, avait, plus qu'aucune autre science, le droit et même le devoir de sonder le mystère de l'origine des êtres, et cela parce qu'elle possède les documents que la connaissance du passé et du présent a mis et met journellement à la disposition de l'homme. Devant les faits organiques et inorganiques, soit zoologiques, botaniques et physiologiques, soit chimiques, physiques et géologiques, devant ce tableau des diverses parties de la nature qu'elle doit consulter et invoquer incessamment pour s'éclairer, qui pourrait lui contester cette prérogative? que deviennent en effet ces prétendus systèmes, ces spéculations des philosophes raisonnant en dehors de l'observation directe, dans le vide de leurs entités? ces pures et stériles abstractions du *moi* et du *non moi*, etc.? combien de grandes et belles intelligences ont ainsi consumé en vain un temps et des facultés qui eussent pu être si fructueusement employés au progrès des sciences et de l'humanité !

que d'observations réelles, que de faits étudiés directement et de conséquences rigoureusement déduites (1).

En 1849, M. Agassiz (2) distingua les types antérieurs du règne animal dans leurs relations avec les types actuels sous les dénominations de *progressifs*, *prophétiques*, *synthétiques* et *embryoniques*. Ces derniers, qui ont paru les plus importants, ont été adoptés par plusieurs zoologistes éminents. Ils comprennent les types qui offrent des caractères que les groupes voisins du système, mais d'une période ordinairement plus récente, ne possèdent que pendant l'état embryonnaire ou la jeunesse des individus. Bronn ayant fait voir qu'il en existait des exemples dans la nature actuelle, on n'aurait point dans ce principe une loi de succession.

M. Agassiz a publié sur ce sujet trois autres mémoires (3), dans le premier desquels il a discuté le rapport qui existe entre le degré d'organisation des êtres et la nature du milieu ambiant pour faire ressortir l'influence qu'a dû avoir ce dernier; dans le deuxième, il a traité des relations entre la distribution géographique des groupes d'animaux et la perfection de leur organisation comparée à ceux qui ont dû correspondre à des conditions plus ou moins différentes de celles de nos jours; enfin, dans le troisième, il compare les uns aux autres les nombres des types génériques et spéciaux des différents embranchements du règne animal dans les périodes anciennes, pour montrer qu'en tous temps il y a eu un grand nombre de formes variées. Dans son *Index palæontologicus*, G. Bronn (4) avait mis plus de précision dans des considérations analogues.

En 1854, Ed. Forbes (5) s'occupa d'une loi qu'il désigna par

(1) *Voy.* R. Owen, *Geological transact.*, 1841. Mém. sur les Labyrinthodontes, etc.

(2) *Proceed. amer. Assoc.*, vol. II, p. 432; 1849.

(3) *Amer. Journ. of Sc.* de Silliman, vol. IX, p. 369; 1850. — *The Christian Examiner*, vol. XLVIII, p. 181; 1850. — *Amer. Journ. of Sc.* de Silliman, vol. XVII, p. 903; 1854.

(4) Vol. II, p. 894, 789 et *passim;* 1848-49.

(5) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, p. 19-81; 1854.

l'expression de *loi des développements contrastants dans des directions opposées*. Au lieu de voir un développement continu et régulier de l'organisme dans la série des âges, il concevait qu'à partir de la période permienne et redescendant jusqu'à la période silurienne il y avait eu un accroissement considérable de divers types ou de ce qu'il appelait des *idées génériques*, et au-dessus, à partir de la période tertiaire inférieure jusqu'à l'époque actuelle, il y aurait eu un accroissement comparable du développement des types. Mais on ne peut pas voir en ceci une loi; c'est un fait seulement dans lequel il faut encore prendre en considération cet autre, non moins réel, du développement tout aussi particulier de l'organisme secondaire, qui a ses types également nombreux et aussi bien caractérisés que ceux qui les ont précédés et ceux qui les ont suivis. Le ralentissement, le temps d'arrêt, la diminution même si sensible des phénomènes de la vie animale, pendant ce que nous appelons la période permienne et une grande partie de celle du trias, avaient depuis longtemps d'ailleurs frappé les géologues, et restent aujourd'hui encore une circonstance remarquable dans l'histoire du globe.

§ 2. Des changements physiques survenus dans les conditions de la vie.

Après avoir rappelé quelques hypothèses sur l'origine et le développement des organismes considérés en eux-mêmes, cherchons quelles ont pu être les conditions extérieures ou les milieux ambiants dans lesquels ce développement a eu lieu.

L'extérieur de la terre, dit Bronn, est un grand livre; ses couches en sont les feuillets; les pétrifications ou les fossiles, les lettres de l'alphabet; le contenu, l'histoire de la création, dont aucun témoin oculaire ne nous a transmis le récit. Ces feuillets sont plus ou moins mêlés, déchirés ou altérés, et les caractères que la nature y a tracés plus ou moins effacés.

Il faut donc les restaurer souvent par la pensée comme les papyrus et les palimpsestes de l'antiquité humaine, relativement si moderne.

L'alphabet de ce livre est resté longtemps inconnu, sans interprétation réelle, comme les hiéroglyphes de l'Égypte, comme les caractères cunéiformes de la Perse ; le merveilleux, l'impossible, l'absurde même, ont tour à tour été invoqués pour son explication. Ce ne fut que lorsqu'on chercha à l'interpréter en le comparant avec celui de la nature actuelle que l'on vit que la langue des anciens âges de la terre, que les anciennes lois qui avaient dû présider au développement des êtres organisés, ne différaient pas de celles de nos jours. Les caractères seuls de l'alphabet avaient, comme à l'ordinaire, subi avec le temps quelques modifications dont il était d'ailleurs facile de suivre et d'apprécier l'importance, et que nous devons chercher à préciser.

Premier état de l'enveloppe terrestre.

Lorsque, par suite du refroidissement graduel de la masse fluide du globe, une croûte solide se fut formée à sa surface, lorsque les vapeurs aqueuses se furent en partie condensées et que les bassins des mers eurent été peuplés, il s'en fallut de beaucoup que les choses restassent stationnaires. Des modifications incessantes se produisaient, soit par l'effet de la continuation du refroidissement, soit par les réactions fréquentes de la masse fluide interne sur son enveloppe, soit enfin par l'action des êtres organisés, dont le nombre et la diversité croissaient à mesure que les circonstances devenaient plus favorables. Ces changements, qui influaient si profondément sur les conditions de la vie, peuvent se rapporter à trois sortes de causes principales : les *causes chimiques*, les *causes physiques* et les *causes météorologiques*.

Les *premières causes*, dit Bronn, ont dû agir sur toute la surface de la terre à la fois ; les *secondes*, exercer leur influence sur certaines zones seulement ; les *troisièmes*, ne produire que des effets locaux. La plupart de ces changements se trouvent également répartis dans la suite des temps ou montrent une énergie décroissante. Les uns sont continus, les autres périodi-

ques ; seulement la différence des climats dans les zones équatoriales, polaires et intermédiaires, n'a pu se manifester qu'après un abaissement fort avancé de la température de la surface. Or, comme tous ces changements, conséquences nécessaires du refroidissement graduel de la terre, ont toujours procédé dans le même sens, en augmentant la somme de leurs effets, quoique diminuant d'énergie chacun en particulier, le savant paléontologiste de Bonn y trouve la confirmation d'un principe sur lequel nous avons souvent insisté nous-même : savoir, que les animaux qui peuplaient les eaux, comme les végétaux qui couvraient la terre, n'ont jamais changé subitement et universellement, mais peu à peu, diversement, dans des localités différentes, soit au-dessus, soit au-dessous du niveau des mers.

Examinons actuellement quelles sont les diverses causes qui ont concouru à modifier les conditions de la vie avant l'époque actuelle.

Causes chimiques. — Composition de l'atmosphère

On a pensé que, lors de l'apparition des premiers êtres organisés, la composition de l'atmosphère différait de celle de nos jours, et qu'elle doit avoir perdu depuis de l'azote, du carbone et de l'oxygène entrés immédiatement ou médiatement dans la composition des corps organisés et des roches, tandis que la masse d'eau répandue dans l'atmosphère devait être plus considérable, et que cette atmosphère, plus dense, plus chaude et plus humide était moins favorable à la vie. Le sodium, le potassium, le fer et les autres substances révélées récemment par l'analyse spectrale dans l'atmosphère du soleil, ont dû se trouver aussi dans celle qui enveloppait la terre à son origine.

Azote.

L'azote n'étant connu qu'à l'état gazeux, ou combiné dans les corps organisés, nous ne comprenons pas sous quelle autre forme il pourrait avoir existé. On doit donc penser que c'est à l'atmosphère que l'organisme animal l'a emprunté. La quantité de ce gaz a dû être proportionnelle à la masse d'organismes développés à un moment donné ; en supposant que, par la décomposition des organismes antérieurs qui le contenaient sous forme d'ammoniaque, il en soit retourné une certaine

quantité à l'atmosphère, d'un autre côté, une partie de l'oxygène ayant été aussi enlevée à l'atmosphère par la même cause, on peut admettre que la proportion relative première des deux gaz y sera restée la même.

Carbone. Quant au carbone, nous devons supposer également que tout ce qui est contenu dans l'anthracite, la houille, les lignites, les bitumes, la tourbe, la terre végétale, dans les roches solides, sous forme de matière organique accidentelle, dans les animaux et les végétaux vivants, aussi bien que dans l'acide carbonique de toutes les roches calcaires sédimentaires (l'acide carbonique ne paraissant pas avoir pu se combiner avec la chaux incandescente en présence de l'acide silicique, sans doute abondant dans la masse fluide originaire), tout ce carbone, disons-nous, fixé ainsi par l'action des forces vitales, a dû être enlevé à l'atmosphère. Aujourd'hui, l'acide carbonique est encore apporté de l'intérieur et versé au dehors par les orifices des volcans, les émanations particulières, les sources thermales et d'autres circonstances qui concourent à son remplacement, mais qui ont dû être plus efficaces, alors que les communications entre l'intérieur et l'extérieur étaient plus fréquentes et plus continues qu'elles ne le sont actuellement. M. Bischof n'est pas éloigné de penser que la fixation du carbone, par les corps organisés, a pu être compensée par les émanations provenant de l'intérieur (1).

L'acide carbonique entrant aujourd'hui dans la composition de l'atmosphère pour 0,0006, M. Liebig (2) a calculé que tout

(1) D'autres causes, telles que la décomposition des roches, ont concouru à soustraire l'acide carbonique à l'atmosphère. Ainsi Ebelmen a calculé que 1 mètre cube de feldspath, en se décomposant, pouvait fixer 98 mètres cubes d'acide carbonique, et que si l'on admet qu'il y en ait $\frac{4}{10000}$ dans l'atmosphère, ce mètre cube de feldspath fixerait l'acide carbonique de 245,000 mètres cubes d'air atmosphérique. Les masses d'argile ainsi produites par la décomposition des silicates sous l'influence de l'acide carbonique, fixé alors à l'état de carbonates de potasse, de soude ou de chaux, montrent combien il en a été soustrait à l'ancienne atmosphère (*Ann. des Mines*, vol. VIII, 1845).

(2) *Organische Chemie*, etc., p. 20; 1840. — Cette proportion, éva-

le carbone fixé dans les couches de la terre sous forme de houille et de lignite devait être moindre que celui de l'atmosphère. Mais, d'un autre côté, M. Bischof évalue déjà celui que contient le bassin houiller de Saarbruck à $\frac{1}{41}$ de celui de l'atmosphère (1). M. Rogers estime que celui de tous les bassins houillers du globe est six fois plus considérable que la masse actuelle, ou formerait 0,0036 de l'atmosphère. Mais on conçoit que ces données ne peuvent être que très-vagues encore, lorsqu'on songe combien sont incomplètes nos connaissances sur l'épaisseur, le nombre et l'étendue superficielle des couches de combustibles enfouies dans les terrains de sédiment des diverses époques.

On sait que M. Ad. Brongniart, qui, dès 1828, avait émis le premier sur ce sujet des vues très-justes, évaluait à 0,05 ou 0,08 la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air à l'époque houillère; plus récemment, M. Bischof s'est arrêté à la proportion de 0,06 (2).

Le carbone contenu dans les minéraux et les végétaux vivants n'augmenterait pas sensiblement celui de l'atmosphère s'il y était disséminé; mais, suivant encore M. Bischof, celui qui entre dans la composition de tous les calcaires serait 36 fois aussi considérable que l'atmosphère entière. Aussi Bronn en fait-il abstraction, parce que les phénomènes de la vie paraissant s'être manifestés presque au moment où les eaux ont persisté à la surface, ils auraient été impossibles, dans l'état

d'abord à $\frac{4}{1000}$ par Thénard en 1812, a été plus récemment admise par MM. Dumas et Boussingault comme variant entre 4 et 6 dix-millièmes.

(1) On a fait divers calculs sur la quantité d'acide carbonique fournie à la végétation. D'après la quantité actuelle contenue dans l'atmosphère et l'activité de la végétation de nos forêts, certaines couches de houille exigeraient un laps de 500,000 ans, et toute la période houillère aurait demandé un laps de temps de 9 millions d'années (K. Müller, *les Merveilles du Monde végétal*). On a vu (*antè*, vol. I, p. 526) qu'un hectare de haute futaie de 100 ans réduit à l'état de houille ne produirait qu'une couche de 15 millimètres d'épaisseur.

(2) *Lehrb. der chemisch. und phys. Geologie*, vol. I, II, p. 101 et *passim*.

actuel de nos connaissances, sous de pareilles conditions atmosphériques, et il en revient à la proportion de 0,06 à 0,08.

Depuis les observations de Bonnet en 1749 et surtout depuis celles de Priestley, qui, en 1771, démontrait en Angleterre l'absorption par les plantes du carbone de l'acide carbonique de l'air, observations complétées à Genève par Sénebier, qui fit voir que l'oxygène mis en liberté rentrait dans l'atmosphère, puis en Hollande par Ingen-Housz, qui montra que l'action directe du soleil était indispensable à l'évolution complète du phénomène, M. T. de Saussure et beaucoup de chimistes, dans ces derniers temps, se sont occupés de cette question importante des fonctions des végétaux relativement à la composition de l'air.

Des expériences directes ont prouvé que des végétaux prospéraient mieux dans une atmosphère artificielle contenant 0,05 à 0,08 d'acide carbonique sous l'influence de la lumière solaire, tandis qu'à l'ombre 0,01 seulement leur convenait mieux. Des fougères et des *Pelargonium* ont végété avec force dans une atmosphère contenant 0,05 d'acide carbonique, tandis que si cette proportion s'élevait jusqu'à 0,50 elle leur devenait nuisible (1). Des crapauds et des poissons ont pu vivre dans un mélange d'air contenant 0,05 d'acide carbonique. « Une petite quantité « de ce gaz, disent MM. Regnault et Reiset, ne trouble en rien « la respiration, car nous nous sommes assurés qu'un animal « peut séjourner pendant longtemps et sans éprouver de ma- « laise apparent dans une atmosphère renfermant plus de la « moitié de son volume d'acide carbonique, pourvu que cette « atmosphère contienne une quantité suffisante d'oxygène. « Plusieurs de nos expériences préliminaires peuvent être ci- « tées à l'appui de ce fait (2). »

D'un autre côté, des expériences plus récentes de M. F. Leblanc ont fait voir que la proportion de 1 % d'acide carbonique dans l'air produisait au bout de quelque temps sur les hommes

(1) Daubeny, *Assoc. for the advancement of science, l'Institut*, vol. XVII, p. 319; 1849.

(2) *Ann. de chimie et de physique*, 3e sér., vol. XXVI, p. 402.

qui le respiraient un malaise sensible, bien qu'on puisse encore travailler dans une exploitation de mine qui en contient 4 %. La proportion de 30 % amènerait infailliblement la mort.

Si des animaux ont pu vivre et se développer dans une atmosphère plus riche que la nôtre en acide carbonique, les reptiles ont dû lui être mieux adaptés que les oiseaux et les mammifères (1). Quoique les recherches précédentes de MM. Regnault et Reiset (2) ne conduisent pas nécessairement à cette conclusion, les reptiles respirant moins, consomment plus lentement l'oxygène, sans être pour cela moins sensibles à l'action de l'acide carbonique.

L'oxygène ne semble pas au premier abord fort important à considérer ici, la quantité dépensée ne paraissant pas d'abord être très-grande et ayant dû être ensuite compensée par divers motifs : tel entre autre que la transformation des végétaux en charbon qui l'a mis en liberté; néanmoins on ne peut pas se dissimuler que son extrême affinité pour le carbone, les métaux oxydables et l'hydrogène a pu dans l'origine influer sensiblement sur sa proportion dans l'atmosphère. Cette circonstance a même tellement frappé certains esprits, qu'ils ont été jusqu'à nier sa présence à l'état libre, non-seulement dans l'atmosphère primitive, mais encore bien longtemps après et jusqu'à la fin de la période houillère (3), sans s'embarrasser comment auraient vécu les animaux et les végétaux des grandes époques silurienne, dévonienne et carbonifère; ils font alors naître et végéter toutes les plantes de cette dernière dans une atmosphère d'acide carbonique et d'azote, et ce n'est que par suite de l'action des végétaux fixant le carbone et rejetant l'oxygène que ce gaz aurait fini par entrer dans la composition de l'air, tandis que l'acide carbonique aurait été de plus en plus réduit. Il est inutile d'ajouter que la difficulté de concevoir les phéno- Oxygène.

(1) *Jameson's Edinburgh Journ.*, vol. XXXIII, p. 65; 1842.
(2) *Loc. cit.*, p. 516.
(3) *Compt. rend.*, vol. LVI, p. 261; 1863. *Cycle du développement de la vie organique à la surface du globe*, par M. Duponchel.

mènes de la vie animale et végétale sans oxygène est infiniment plus grande pour nous que celle de nous rendre compte pourquoi il a pu rester en quantité si notable, malgré son avidité pour se combiner sous des conditions de température en apparence très-favorables.

Résultats généraux.

Nous aurons occasion de revenir plus loin sur quelques autres éléments de la composition primitive de l'atmosphère; mais, en ne considérant ici que les trois gaz dont nous avons parlé comme en faisant essentiellement partie, nous voyons que l'oxygène et l'azote, de même que l'hydrogène fixé par les plantes qui l'empruntaient à l'eau, y retournent après la décomposition des corps organisés dans la constitution desquels ils étaient entrés. Il y a donc, si l'on peut s'exprimer ainsi, une sorte de *fond de roulement* constamment employé pour subvenir aux besoins des forces vitales, entrant dans les combinaisons infiniment variées qu'elles déterminent pour retourner ensuite à la masse commune. Mais il n'en est pas de même du carbone qui, une fois fixé sous forme de graphite, d'anthracite, de houille, de lignite, de tourbe, de bitume, etc., ne retourne plus à la masse commune d'où il a été soustrait par le mouvement vital des plantes, et qui doit, par conséquent, en avoir été appauvri d'autant. Il en a été de même de tout le carbone fixé à la chaux par l'action vitale des animaux marins qui a donné lieu à la plus grande partie des calcaires sédimentaires de tous les âges.

On doit donc reconnaître l'énorme influence que les deux règnes ont eue sur la composition primitive de l'atmosphère pour la modifier en ce qui concerne sa teneur en acide carbonique, et, si l'on considère que les sources d'où ce gaz émane de l'intérieur ont dû diminuer d'âge en âge pour être réduites aux proportions où nous les voyons aujourd'hui, il semble qu'un moment doit venir où la quantité sera si minime, qu'elle ne pourra plus suffire, ni pour alimenter la végétation, ni pour fournir aux rhizopodes, aux polypiers, aux radiaires, aux mollusques et aux crustacés les éléments nécessaires à leur sécrétion calcaire. Nous faisons ici abstraction des animaux verté-

brés comme ne présentant qu'une proportion moindre de cette substance que nous apprécierons plus loin.

Restitution du carbone à l'atmosphère.

Or, si nous jetons un coup d'œil sur les phénomènes qui nous entourent et sur ceux qui nous ont précédés, nous n'apercevons aucune cause physique naturelle qui restitue à l'atmosphère l'acide carbonique qui lui a été ainsi soustrait, qui non-seulement tende à rétablir l'ancien équilibre, mais encore puisse assurer aux êtres à venir des conditions que, dans l'état de nos connaissances, nous devons regarder comme indispensables à leur existence.

Sans se rattacher pour cela à l'ancienne hypothèse des causes finales qui de nos jours encore trouve des défenseurs, on n'en doit pas moins remarquer que si les deux règnes ont contribué passivement, pendant la série des temps géologiques, à dépouiller l'atmosphère primitive de la plus grande partie de son carbone, les végétaux tendant peut-être à augmenter la quantité relative d'oxygène, il fallait une action d'un tout autre ordre pour le lui restituer ; il fallait, non plus un simple phénomène dû à la marche ordinaire de la nature organique ou inorganique, mais l'application particulière d'une faculté qui ne s'était encore révélée dans aucun être créé avant l'homme, ce qui, nous devons le dire, ne s'est manifesté chez ce dernier que bien longtemps après qu'il se fut répandu sur la terre, que bien des siècles après qu'il eut couvert de vastes régions des produits variés de son industrie et de son intelligence.

Lorsqu'on envisage l'extension qu'a prise depuis un siècle l'emploi des combustibles fossiles sur tous les points du globe où l'on en a rencontré, extension qui semble s'accroître de jour en jour, on ne peut se refuser à voir, dans l'application que l'homme fait à ses besoins de ces trésors de *force* et de *chaleur* emmagasinés dans le sein de la terre, une sorte de prédestination au rétablissement de l'équilibre ancien depuis longtemps rompu. C'est un rôle actif qu'il a pris dans l'économie physique de la nature, et qui consiste à rendre à l'atmosphère, sous forme d'acide carbonique, par la combustion incessante de la houille et des autres composés analogues, le carbone qui sem-

blait à jamais perdu et devenu inutile après avoir tant contribué au développement de l'organisme des temps anciens. Ainsi rendu à la liberté, il rentre dans le mouvement général, graduellement, comme il en était sorti, et l'industrie humaine devient un auxiliaire des grandes lois destinées à maintenir l'harmonie de la nature.

Dans ses *Études sur la composition des eaux* (1), M. Péligot avait cherché à se rendre compte de la quantité de gaz acide carbonique versé annuellement dans l'atmosphère par la combustion de la houille et des lignites, en supposant qu'ils continssent en moyenne 80 °/₀ de carbone, et il était arrivé au chiffre de 80 milliards de mètres cubes. Mais, ayant bien voulu, à notre prière, mettre ces résultats en rapport avec la consommation actuelle, la production de la houille étant évaluée en Europe à 122,410,240 tonnes, dans les autres parties du globe à 10,583,888, soit en nombre rond 133 millions de tonnes ou 133 millions de quintaux métrique, notre savant confrère a trouvé que la quantité d'acide carbonique due à cette source était de 304 milliards de mètres cubes (2).

On peut ajouter que l'emploi de la chaux, d'abord restreint aux constructions, mais de plus en plus utilisé pour l'agriculture, contribue aussi à restituer à l'air l'acide carbonique des calcaires, et ces deux applications, combinées avec une troisième dont nous parlerons plus loin, laissent entrevoir que l'homme peut avoir réellement une fonction, restée longtemps inaperçue, pour compléter celles des végétaux et des animaux, qui auraient été peut-être incapables de maintenir à elles seules indéfiniment toutes les conditions indispensables à la vie.

État général de l'atmosphère. — Densité, humidité, etc.

Si, d'une part, l'atmosphère beaucoup plus chargée d'humidité a favorisé la végétation sans nuire aux animaux en général, quoique certaines familles des deux règnes n'aient pas dû s'en accommoder, de l'autre, les pluies et les brouillards

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, vol. XLIV, 3e sér.

(2) *Voy.* R. Hunt, *Statist. of the geol. Survey. — Situation de l'industrie houillère*, p. 1; 1862.

auront diminué l'effet calorifique des rayons solaires, rendant ainsi l'organisme plus dépendant des phénomènes propres de la terre. Mais à cette remarque de Bronn on peut objecter d'abord qu'à ce moment la température particulière du globe était certainement plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui, puisque les saisons, résultant de l'action solaire, étaient comparativement peu sensibles, et ensuite que, de nos jours, sous les tropiques, certaines régions fort humides sont extrêmement favorables au développement de la végétation.

Quant à l'augmentation de pression, résultat de la plus grande densité de l'atmosphère due à la présence des gaz et des vapeurs, son effet, au moins dans certaines limites, a dû être peu prononcé, car nous voyons des animaux, et surtout des oiseaux, des poissons et des mammifères aquatiques supporter des pressions fort différentes sans en paraître affectés. Peut-être cette pression, qui d'ailleurs agit bien plus directement sur les animaux terrestres à respiration aérienne qui ne sont pas organisés pour vivre alternativement sous des effets très-différents, a-t-elle été la cause de l'apparition plus tardive de ces derniers? C'est un sujet sur lequel nous reviendrons plus loin avec quelques détails.

D'un autre côté, M. Élie de Beaumont a fait voir (1) que l'augmentation de densité de l'atmosphère, diminuant le rayonnement de la chaleur terrestre, tendait à égaliser les climats des diverses zones en les maintenant à une température élevée, et qu'elle réagissait ainsi sur les phénomènes généraux de la vie. Une augmentation de pression de $0^{m},75$ à 1 mètre aurait élevé de 20° la température moyenne du globe à sa surface, ce qui a pu avoir lieu à l'époque de la végétation houillère.

Conclusions et effets généraux.

Il résulte donc des données expérimentales et de l'observation que, relativement aux conditions de la vie pendant les premières périodes de la terre, la composition originaire de l'atmosphère ne peut être déterminée d'une manière absolue, ni même approximative. Néanmoins, les organismes que nous con-

(1) *L'Institut*, p. 260; 1838.

naissons de ces temps reculés nous montrent que ces éléments constituants, essentiels, s'ils ont présenté quelques différences quant à leurs proportions, devaient être les mêmes quant à leur nature.

L'acide carbonique contenu dans les roches calcaires, n'a pu, à aucune époque, dit Bronn (page 549), être tout entier répandu dans l'atmosphère, pas même au commencement des dépôts de sédiment, car cette quantité aurait rendu impossible la vie organique telle que nous la connaissons et telle qu'elle avait déjà commencé. Mais remarquons ici que les premiers sédiments des mers ne furent point des calcaires, mais bien des grès, des conglomérats, des schistes siliceux et argileux. La matière calcaire ne commence à se montrer, avec une certaine abondance et en couches homogènes suivies, qu'assez tard dans la période silurienne inférieure. Elle s'accroît jusqu'au calcaire carbonifère, diminue sensiblement ensuite pendant les périodes houillère, permienne et une grande partie du trias, se montrant çà et là, par intervalles, pour reprendre son ancienne importance avec les dépôts du lias et ceux qui les ont suivis. Ces intermittences, qui sont quelquefois en rapport avec certains développements et ralentissements de la vie marine, autant du moins que nous en pouvons juger, sont-elles dues à des différences dans les proportions de l'acide carbonique de l'air, ou bien à l'abondance et à la diminution des sources qui l'amenaient de l'intérieur? C'est ce qu'il serait difficile de dire. Quoi qu'il en soit, la plus grande consommation d'acide carbonique faite par le règne végétal ne semble correspondre ni avec un développement particulier de la vie animale, ni avec la formation de puissantes couches calcaires, au moins dans un grand nombre de cas.

Il est possible, continue notre savant guide, qu'une végétation particulière ait soutiré à l'atmosphère, avant l'apparition des organismes les plus élevés, l'excès d'acide carbonique qui s'y répandait continuellement par les émanations de l'intérieur, ou qui y préexistait, et nous verrons plus loin combien on a abusé de cette végétation imaginaire supposée antérieure à

tous les faits observés ; mais il nous semble inutile d'ajouter que l'oxygène, devenu libre par la formation successive de la houille, aurait été employé à l'oxydation successive des métaux. Cette action, depuis cette époque, ne s'est guère exercée, sur une certaine échelle et par la voie humide, que sur le fer, et elle ne peut avoir employé qu'une faible proportion de l'oxygène de l'air (1).

Néanmoins, si la composition de l'atmosphère était différente de celle de nos jours, quant à la nature de ses éléments, ou quant à leurs proportions s'ils étaient les mêmes, elle a pu agir d'une manière favorable sur les classes de végétaux et d'animaux que nous voyons plus particulièrement représentées dans les périodes anciennes de la terre, tandis qu'elle s'opposait au développement de celles qui ont apparu ou se sont développées surtout depuis. Les changements se sont d'ailleurs toujours manifestés graduellement et sans secousses, sans interruptions, tels qu'ils se sont produits à tous les âges. Nous avons déjà indiqué cependant qu'après la période carbonifère il y avait eu une diminution sensible dans les produits de l'activité organique, annonçant quelque modification importante dans les conditions de la vie. Les animaux les plus inférieurs qui s'assimilent le carbonate de chaux, les rhizopodes, les polypiers, les radiaires, sont rares ou manquent dans les couches permiennes et triasiques de la plupart des localités ; les couches calcaires n'y ont aussi qu'un faible développement comparé à celui des grès, des poudingues, des argiles et des sables.

Causes physiques. — Température, refroidissement graduel et ses effets.

Si la géologie ne nous apprend pas quelle était la température de la surface du globe lors des premiers dépôts de sédiment, on peut supposer qu'elle était assez basse pour que l'eau y demeurât à l'état liquide en s'accumulant dans les dépressions ; c'est, comme on le sait, une température à laquelle arrive la partie supérieure d'un courant de lave peu de jours après sa sortie du cratère.

(1) Suivant Ebelmen, il suffirait que les roches stratifiées continssent 1 p. 100 de protoxyde de fer pour que celui-ci absorbât tout l'oxygène de l'air.

Outre que cette surface aurait été alors beaucoup plus chaude qu'elle ne l'est actuellement, les conditions d'humidité et de pression ou de densité devaient être différentes, les mers plus étendues et les climats plus uniformes. Il n'y avait point de neiges sur les montagnes, qui étaient d'ailleurs peu élevées, constituant seulement des collines, peut-être comme celles du Limousin et de la Bretagne ; il n'y avait point de glaces aux pôles, et les courants atmosphériques, dont la température et l'humidité sont aujourd'hui si variables, n'ont pu acquérir les caractères que nous leur voyons qu'à mesure que l'écorce terrestre se refroidissait, que les montagnes prenaient plus de relief, que leurs sommets, comme les extrémités de l'axe de la terre, se couvraient de neiges éternelles. Les saisons deviennent aussi de plus en plus prononcées par les contrastes et les oppositions en rapport avec l'influence solaire, qui était d'autant plus prépondérante que la chaleur propre de la terre diminuait elle-même davantage.

Tous ces effets ont dû être graduels, comme le refroidissement lui-même, et devenir de plus en plus lents, et les modifications qu'ils apportaient dans les conditions de la vie suivaient la même marche, de sorte que les changements subis par les êtres organisés et en rapport avec ces conditions devaient précisément produire des résultats que nous pouvons encore apprécier.

Si les choses se sont passées ainsi, dit Bronn, à qui nous empruntons ses considérations sur l'ancien état de notre planète, sauf à les discuter et à les commenter s'il y a lieu, le caractère essentiel des premières faunes et des premières flores a dû être leur uniformité dans toutes les zones, au moins quant aux familles, si les genres et les espèces différaient. L'abaissement successif et continu de la température aura dû occasionner l'extinction également continue et successive de ces premières formes, puis leur remplacement par d'autres adaptées à ces nouvelles conditions, mais moins nombreuses alors, suivant le paléontologiste de Bonn, parce qu'un climat tempéré ne nourrit, à surface égale, qu'un nombre d'espèces

inférieur à un climat chaud, remarque dont l'exactitude n'est d'ailleurs que relative, car il se hâte d'ajouter que la diversification des climats a dû faire varier a population de telle sorte, que l'ensemble des diverses zones réunies peut offrir un aussi grand nombre de types que lorsque la température plus élevée était aussi plus égale partout.

Le refroidissement s'avançant des pôles vers l'équateur, à mesure que la chaleur propre du globe se perdait ou diminuait et que celle du soleil devenait, par suite, plus prépondérante, les animaux et les végétaux ont dû, toujours d'après Bronn, disparaître des premiers, tandis que sous le second ils auraient conservé une partie de leurs richesses originaires. Mais ce raisonnement, tout spécieux qu'il semble d'abord, n'est pas suffisamment justifié par l'observation, et conduirait, en outre, à une hypothèse émise souvent par des personnes qui ne se rendent pas bien compte de l'état de la science à cet égard. Cette hypothèse, qui consiste à faire descendre les flores et les faunes des pôles vers l'équateur, conformément à la marche du refroidissement de la surface, tombe devant la plus simple observation comparative des faits, et, si elle pouvait être admise, le principe fondamental de la distribution des êtres organisés dans les couches de la terre se trouverait complétement détruit.

Pour nous, les mêmes faunes et les mêmes flores ont été contemporaines et non successives des pôles vers l'équateur, et cela parce que l'ordre des formations géologiques qui les renferment n'est pas géographique, mais stratigraphique ; il ne s'observe pas dans l'espace, mais dans le temps. C'est ainsi que la flore carbonifère du Spitzberg, par 80° lat. N., est contemporaine de celle d'Espagne, par 40° lat. N., comme celle de la Nouvelle-Écosse, par 45° lat., l'est de celle de l'Alabama, par 35°. Sur ces divers points, en effet, elle a été précédée et suivie dans le Nord par des faunes et des flores comparables elles-mêmes à celles du Sud, sans avoir, pour cela, pénétré entre les tropiques. L'hypothèse du déplacement des formes par migrations, si elle s'est réalisée, n'est pas une loi, c'est tout au plus un fait local, accidentel, dont nous verrons que quelques

théories modernes ont singulièrement abusé. La véritable loi de la succession des êtres doit être assignée à une tout autre cause ; elle est *fonction* du temps et non de l'espace.

Quant à cet autre principe déduit par Bronn (p. 551), qu'il y a décroissance du nombre des genres et des espèces en un lieu, tandis que la diversification des faunes et des flores se manifeste dans différentes zones, et que les changements et la réduction des formes sont plus rapides vers les pôles que vers l'équateur, on peut dire que la première partie reste à démontrer. S'il y a parmi les végétaux et les animaux actuels des familles telles que les cryptogames vasculaires, les palmiers, les liliacées, les cycadées, les cupressinées, les cactées et les magnoliacées, ou les oiseaux-mouches, les perroquets, les singes, etc., propres aux régions chaudes du globe, on n'en peut pas conclure que la température détermine seule des types organiques particuliers; car dans les deux règnes certains genres ont des espèces qui vivent sous les tropiques et d'autres sous les zones tempérées et même glaciales. Il y a d'ailleurs pour les animaux carnassiers, insectivores, frugivores et herbivores, une relation nécessaire avec les productions végétales des pays, et, par suite, entre eux.

Orographie et hydrographie

Les massifs cristallins anciens sont peu nombreux, peu étendus et peu élevés, tandis que les hautes chaînes de montagnes ont été formées à des époques comparativement récentes, comme on en juge par les roches sédimentaires plus ou moins redressées sur leurs flancs. On peut en déduire que les bassins des mers étaient à l'origine moins profonds qu'ils ne le sont devenus depuis, que les surfaces continentales étaient moins étendues et les îles basses très-nombreuses, de sorte que la surface du globe devait offrir l'aspect d'un immense archipel. Par suite d'émersions successives, les continents se formèrent, et les ridements de l'écorce terrestre, quelles qu'en aient été la cause ou les causes, constituèrent les chaînes de montagnes.

Les courants marins, résultant du mouvement général de la rotation de la terre, d'abord assez réguliers, devinrent, par suite des nouvelles terres émergées qui modifiaient leur direc-

tion, de plus en plus irréguliers, variant à chaque modification des contours de ces terres. Or, de pareils changements apportés dans la profondeur des eaux, l'élévation, les formes et l'étendue des terres, durent affecter les animaux qui peuplaient les premières, comme l'extension et les reliefs plus prononcés des secondes établirent à leur surface un régime nouveau et de nouvelles stations pour les animaux et les plantes. Ce régime produisit les eaux douces des lacs, des marais, des tourbières, les eaux saumâtres des caspiennes et des cours d'eau de plus en plus étendus. A ces nouvelles conditions de la vie ou *habitats* correspondirent des familles, des genres et des espèces d'animaux et de végétaux, organisés suivant des types particuliers en rapport avec ces mêmes conditions.

Il se forma des dépôts dont les caractères, également particuliers, étaient en relation avec ces causes. Ce furent des marnes, des calcaires lacustres accompagnés de silice, des dépôts sableux, argileux, limoneux, caillouteux, torrentiels ou d'eau tranquille. Toutes ces modifications hydrographiques, topographiques et, par suite, *météorologiques*, durent manifester leur influence sur les caractères des faunes et des flores, modifications fort lentes sans doute de part et d'autre et néanmoins continues, si l'on en juge par leur comparaison attentive.

M. Hopkins (1), l'un des savants anglais qui se sont occupés avec le plus de talent des applications de la physique à la théorie de la terre, a pensé que si un affaissement du nord de l'Europe permettait au Gulf-stream de passer au nord de l'Asie, la Sibérie pourrait jouir d'un climat presque aussi tempéré que celui de l'Europe septentrionale, et il ajoute qu'il serait de nouveau possible que les Éléphants et les Rhinocéros vécussent là où leurs os et même leurs cadavres entiers gisent actuellement dans un sol glacé.

Mais les plaines de l'extrémité nord-est de l'Europe et de l'Asie, qui sont actuellement sous les neiges pendant plus de la

(1) *London geol. Journ.*, vol. VIII, p. 24-55; 1852.

moitié de l'année, et privées de lumière pendant deux mois, ne produiraient pas pour cela une végétation susceptible d'alimenter une pareille population. C'est une erreur que d'attribuer à l'action seule du Gulf-stream l'abaissement des lignes isothermes sur les côtes de l'Europe occidentale, et il y a, pour celles de la Norvége en particulier, deux causes dont les effets s'ajoutent pour y déterminer une température comparativement douce. Cet abaissement tient surtout à la direction des vents dominants qui tendent à faire participer cette région de l'Ouest à l'uniformité plus grande de la température de l'Atlantique, avantage qui diminue à mesure que l'on s'avance vers l'Est, à travers l'ancien continent, et dont ne jouirait pas l'Asie septentrionale, quand même le Gulf-stream suivrait ses côtes au lieu de se replier au Sud.

M. Dana (1) a appliqué le même raisonnement aux côtes occidentales de l'Amérique centrale, en supposant un affaissement de sa partie Sud et une émersion un peu plus étendue de l'Afrique méridionale. L'élévation de la température due à cette cause ne serait pas moindre de 10° à 12°.

D'un autre côté, l'élévation et l'agrandissement des masses continentales en a rendu les climats plus extrêmes, indépendants des zones géographiques, plus secs, plus chauds en été, plus froids en hiver, en même temps que l'éloignement et la diminution des surfaces océaniques affaiblissaient l'influence égalisante dont nous parlions tout à l'heure.

Observations diverses de G. Bronn.

Le savant auteur de l'*Index palæontologicus* se met ensuite à traiter, sans aucune transition, des glaces polaires, et des neiges perpétuelles, de la fonte des anciens glaciers des Alpes, etc. Un pareil sujet méritait bien quelques recherches en traitant de la climatologie ancienne, et il importait de s'assurer à quel moment cet état de choses avait pu commencer.

Si l'on prend en considération les caractères généraux des roches des dernières formations secondaires et ceux des fossiles jurassiques et crétacés rencontrés sous des latitudes fort élevées

(1) *Amer. Journ.* de Silliman, vol. XVI, p. 391, 1854.

dans le nord de l'Asie et de l'Amérique, de 60° à 75°, il paraîtra peu probable que les mers polaires fussent couvertes de glaces même temporaires pendant ces périodes, et à plus forte raison pendant celles qui les avaient précédées ; aussi sommes-nous porté à croire que l'existence de glaces permanentes dans le voisinage des pôles ne remonte pas au delà de l'époque tertiaire.

Les chaînes de montagnes isolées, comprises entre les cinquantièmes degrés de latitude N. et S. et couronnées de neiges perpétuelles, sont toutes peu anciennes quant à leur grande élévation, qu'elles ont atteinte pour la plupart depuis l'ère crétacée, par conséquent pendant l'époque tertiaire. Ainsi, l'influence des glaces polaires, comme celle des neiges perpétuelles sur la diversité des climats et sur les changements qu'ils éprouvent dans le cours d'une année, en un point quelconque de la surface de la terre, est un phénomème relativement peu ancien.

Avec l'époque tertiaire commence, au point de vue organique, un ensemble de faits nouveaux dont les formations secondaires n'offraient point d'exemples, ou pendant lesquelles se manifestaient seulement des tendances encore mal caractérisées vers un ordre de choses différent. Des familles entières et des genres avaient cessé d'être représentés, tels que les céphalopodes à cloisons persillées, les Bélemnites, les rudistes, les Ananchytes, etc., tandis que d'autres genres ou familles et même des classes apparaissent pour la première fois, tels que les mammifères terrestres placentaires et les vrais dicotylédones. C'est à ce qu'il semble le changement organique, à la fois le plus considérable et le plus brusque, que nous offre la série des terrains, et tout porte à croire qu'il a coïncidé avec quelque modification profonde dans les conditions climatologiques ou mieux orographiques et hydrographiques de la surface de la terre.

Mais ce ne sont point évidemment les petites causes locales, quelque multipliées qu'on les suppose, invoquées par Bronn (p. 555 et suivantes), qui ont amené ces changements généraux

à un moment donné, comme dans la série des temps. Elles seraient complétement insuffisantes pour en rendre compte. Ce n'est pas avec des effets limités à certains points particuliers que l'on peut s'élever à une véritable synthèse des phénomènes et à l'origine de leur cause. Ces influences bornées ont produit des résultats bornés, mais non pas nécessairement dans le même sens, dans celui du progrès, de l'élévation ou du perfectionnement des êtres, comme le présumait le savant paléontologiste de Bonn, qui fut en cela le précurseur d'un naturaliste dont nous étudierons tout à l'heure la théorie, car ces influences pouvaient tout aussi bien se manifester par des changements inverses ou de dégradation.

La diversification des êtres organisés soumis à la seule action des causes locales aurait été ici dans un sens, là dans un autre, et sur un troisième point ces êtres auraient pu rester parfaitement stationnaires; or, c'est ce que l'on ne remarque pas. La diversification des types organiques, leur complication ou leurs perfectionnements, l'apparition des uns comme l'extinction des autres marchent parallèlement dans les deux règnes, s'avançant toujours dans le même sens et partout en même temps ou à très-peu près. Telles sont les preuves frappantes de l'existence de lois indépendantes des causes locales ou accidentelles et auxquelles la nature organique semble avoir été soumise depuis l'origine des choses, tout en restant plus ou moins dépendante des conditions physiques générales.

C'est ce que Bronn désigne par l'expression de *loi du développement progressif indépendant* et de *loi du développement terripète du règne organique;* mais rien n'établit pour nous la distinction bien nette de ces deux résultats ni de leurs causes; aussi les regardons-nous comme trop intimement liés dans l'état actuel de nos connaissances pour essayer de faire la part des uns et des autres.

§ 3. Origine et distribution des eaux douces.

Sans trop nous appesantir sur les conditions chimiques et physiques de la terre à son origine, nous devons cependant chercher à nous rendre compte des divers phénomènes qui ont eu une action directe sur les caractères de l'organisme, soit animal, soit végétal; or, l'une des circonstances qui ont certainement le plus contribué à la diversité des espèces, des genres et des familles dans les deux règnes, comme nous pouvons en juger aujourd'hui, est la séparation des eaux douces d'avec les eaux salées; aussi remonterons-nous, s'il est possible, à la cause de cette séparation et tâcherons-nous de déterminer le moment où elle s'est effectuée.

On a remarqué que, dans la distribution actuelle des principales substances minérales, le sodium existait à la fois en grande quantité dans les roches cristallines et dans les eaux de la mer. Dans les premières il est uni à l'oxygène, dans les secondes au chlore. La presque totalité du chlore que nous connaissons appartient à cette combinaison dissoute dans les eaux de l'Océan. Nous y comprenons naturellement celui qui entre dans la composition des sels gemmes auxquels nous attribuons une origine marine. *Caractères des premières eaux*

On peut donc, sans trop d'invraisemblance, et pour compléter ce que nous avons déjà dit de la composition de l'atmosphère (*antè*, p. 13), supposer au commencement que le chlore y était combiné avec l'hydrogène et le sodium, comme l'hydrogène avec l'oxygène, constituant le *fonds commun*, si l'on peut s'exprimer ainsi, de la masse océanique actuelle, avec les muriates de chaux, de magnésie, le sulfate de soude et quelques autres substances. On a vu quel avait dû être le rôle de l'azote et de l'acide carbonique.

L'abaissement de la température, en condensant les vapeurs composées de ces éléments, dès que la surface de la terre per- *Condensation des vapeurs.*

mit qu'elles s'y maintinssent à l'état liquide, détermina la formation d'un Océan sans bornes, peu profond, mais parsemé, comme on l'a dit, d'innombrables îlots, représentant les aspérités de la première croûte oxydée de la terre et enveloppés d'une atmosphère épaisse, dense, laissant pénétrer à peine une partie de la lumière solaire. Aussi peut-on dire que cette expression du deuxième paragraphe de la Genèse : *La terre était informe et toute nue, les ténèbres couvraient la surface de l'abîme, l'esprit de Dieu était porté sur les eaux*, est une belle image de l'état du globe tel que nous pouvons nous le représenter à ce moment.

Tant que dura cet état de choses on conçoit qu'il ne pouvait y avoir d'eau douce permanente ; car, en supposant que l'atmosphère fût déjà assez refroidie et purifiée des substances étrangères tenues en suspension soit à l'état de gaz, soit à l'état de vapeur, l'eau résultant de la condensation retombait toujours dans la mer, ou sur ses îlots primitifs, ne trouvant encore aucun récipient suffisant pour se conserver. S'il y en avait, leur faible étendue, leur peu de profondeur, l'élévation de la température du fond comme celle de l'air ne permettaient pas à l'eau d'y séjourner ; de sorte que ces étangs et ces lacs des premiers âges de la terre étaient purement temporaires.

Si nous en jugeons par ce que nous connaissons des êtres organisés de la période silurienne, il en fut ainsi pendant un laps de temps énorme, car nous n'y trouvons nulle part de formes animales qui rappellent, je ne dirai pas celles de nos eaux douces actuelles, mais celles que nous connaissons dans les époques tertiaire et secondaire, lesquelles sont d'ailleurs tellement analogues à celles de nos jours, que l'on comprendrait difficilement qu'il en eût été autrement dans les époques antérieures. Toutes les formes paraissent donc être marines et rien dans les produits organiques de ces temps reculés ne trahit l'existence de terres émergées d'une certaine étendue; les premières traces des végétaux qu'on y rencontre sont d'origine aquatique et marine, et celles de la période dévonienne appartiennent à des plantes qui ont vécu sinon dans la mer, du moins

à une bien faible hauteur au-dessus de son niveau ou dans des eaux peu profondes qui n'en différaient guère.

Premières eaux douces ou saumâtres.

La première condition pour la permanence des eaux douces était donc l'existence de surfaces émergées, assez étendues et assez élevées, pour que celles qui provenaient de la condensation des vapeurs aqueuses de l'atmosphère pussent s'y conserver dans des dépressions sans communication avec l'Océan, et la seconde une température assez basse pour qu'il ne s'y produisît plus de vaporisation complète.

Il est probable aussi que dans les premiers temps les vapeurs aqueuses entraînaient une certaine quantité de substances étrangères, et ce ne fut qu'après une succession assez nombreuse de vaporisations et de condensations que l'eau se trouva dégagée de ces substances et fut tout à fait douce, de saumâtre qu'elle devait être d'abord. Ce ne fut même que lorsque l'atmosphère eut acquis à peu près la composition que nous lui voyons aujourd'hui, que les vapeurs aqueuses condensées devinrent réellement douces.

Conséquences de l'existence des eaux douces.

Les conditions nécessaires à l'existence permanente des eaux douces paraissent ne s'être réalisées que déjà assez tard dans l'histoire de la terre, car ce n'est qu'à l'époque carbonifère que nous en observons les effets avec certitude, et sur une grande échelle. La végétation de cette époque, d'ailleurs d'une immense durée, dénote une température comparativement encore élevée, une atmosphère humide dans laquelle nous avons supposé une proportion d'acide carbonique de 0,05 à 0,08 de son volume, et un sol également humide, presque au niveau de la mer, au moins dans beaucoup de cas. Cette végétation, que nous voyons s'être étendue du 80° lat. au 35° sans qu'elle se soit prolongée au delà, dans chaque hémisphère, jusque entre les tropiques, est un des grands phénomènes organiques de l'histoire de la terre, phénomène qui ne s'est jamais reproduit depuis avec la même généralité ni avec les mêmes caractères. Il a donc fallu, pour qu'il se manifestât, un concours de circonstances bien particulier dans les conditions physiques de la surface de notre planète.

Avec une végétation qui annonce la présence des eaux douces et des eaux saumâtres, quelques animaux respirant l'air en nature, des reptiles, des insectes, des mollusques terrestres, tous encore en bien petit nombre à la vérité, prouvent aussi une modification dans sa composition et une adaptation à des fonctions physiologiques qui auparavant n'aurait pas été possible. Si les calculs approximatifs dont nous avons indiqué les résultats pouvaient être admis et que l'atmosphère de la période houillère ait perdu 36 millièmes de son volume en acide carbonique, on conçoit que les périodes suivantes se soient ressenties d'une semblable perturbation dans les conditions de la vie, comparées à celles qui les avaient précédées.

Cette fixation dans l'intérieur de la terre d'une partie constitutive de son atmosphère, à un moment donné ou mieux pendant une période dont nous avons déjà cherché à apprécier la durée (*antè*, 1re partie, p. 323, *nota*), est une circonstance sur laquelle nous avons appelé ci-dessus l'attention et sur laquelle on ne réfléchit peut-être pas assez. Le résultat accompli par la seule intervention des forces végétales porte à se demander s'il entrait dans le plan général de la nature, ou bien s'il n'est qu'un fait particulier, non essentiel à son harmonie, surtout lorsque l'on considère la pauvreté relative des faunes et des flores qui lui ont immédiatement succédé.

A-t-il fallu que l'équilibre se rétablit par l'arrivée successive de nouvelles quantités de carbone, comme il en vient encore aujourd'hui de l'intérieur? ou bien a-t-il fallu attendre le développement graduel de nouveaux êtres en rapport avec ces nouvelles conditions? L'affaiblissement sensible, ou l'appauvrissement général des forces organiques, remarqué depuis longtemps pendant l'ère permienne et triasique, comparé à l'exubérance de la vie pendant la période carbonifère qui l'avait précédée et la période jurassique qui l'a suivie, peut appuyer l'une et l'autre hypothèse.

Quoi qu'il en soit, ce n'est pas non plus un fait moins curieux, comme nous l'avons déjà dit (*antè*, p. 19), que le rôle qui semblait être destiné à l'homme dans cette question d'éco-

nomie générale de la nature physique. Que faisons-nous en effet, surtout depuis un siècle et que feront ceux qui viendront après nous, si ce n'est de puiser sans cesse à ces sources de carbone retenues aujourd'hui dans la terre? Un jour viendra sans doute où, par notre intermédiaire, l'atmosphère sera rentrée en possession de l'acide carbonique dont la végétation houillère l'avait privée. Quelles seront les conséquences du rétablissement de l'ancien état de choses? C'est ce dont nous n'avons pas à nous préoccuper, nous qui n'avons à étudier que le passé; mais ce qui nous paraît probable, c'est que l'homme mettra moins de temps à consommer cette réserve que la nature n'en a mis à l'accumuler.

Suite de l'accroissement des eaux douces.

Si nous continuons à suivre l'accroissement des eaux douces à la surface de la terre, nous n'en trouverons longtemps des témoignages authentiques que dans les restes de plantes, l'existence de certaines familles d'insectes lors du dépôt du lias, puis, vers le milieu de la formation jurassique, dans des couches que caractérisent des mollusques d'eau douce. Vers la fin de cette période et le commencement de la suivante, ces caractères deviennent de plus en plus prononcés; mais c'est avec l'époque tertiaire, et surtout pendant la période tertiaire moyenne, qu'ils prennent une importance réelle, luttant dans leur extension avec les dépôts marins et alternant fréquemment avec eux. Les eaux douces ont pris réellement alors possession des continents, et ce ne sont pas seulement des restes de végétaux et d'animaux qui nous le prouvent, mais des dépôts de caractères particuliers, non moins remarquables par leur épaisseur que par l'étendue des surfaces qu'ils occupent.

Dans la production des couches d'eau douce, les calcaires jouent un très-grand rôle et souvent aussi la silice; mais dans l'un ni dans l'autre cas on ne peut regarder ces substances que comme ayant été apportées de l'intérieur de la terre, plus ou moins directement; de sorte que ce sont des dépôts plutôt chimiques que mécaniques, et dans lesquels, sauf pour les schistes siliceux et les terres à diatomacées, l'action vitale n'a point été, comme pour les calcaires marins, un intermédiaire agis-

sant sur l'acide carbonique et la chaux pour produire des masses puissantes de roches calcaires presque exclusivement composées de débris organiques.

L'importance du rôle des eaux douces à la surface du globe, longtemps nulle, puis très-faible, s'est donc accrue proportionnellement à l'étendue des terres émergées, et les produits organiques, soit animaux, soit végétaux, se sont accrus et modifiés dans le même sens, c'est-à-dire avec le développement de ces mêmes eaux douces, la diminution de la chaleur propre du sphéroïde, l'élévation des continents et des îles et l'action toujours de plus en plus prédominante de la chaleur solaire sur la température de la surface en ses divers points.

La géographie physique nous fait connaître la répartition actuelle des eaux douces, laquelle, comparée à celle de certains moments de l'époque tertiaire, nous montre que nos lacs sont moins nombreux et moins étendus dans quelques régions, mais que nos fleuves et nos rivières ont un cours beaucoup plus considérable, par suite des reliefs plus prononcés du sol et de l'éloignement des rivages.

§ 4. Température à laquelle ont pu vivre les premiers organismes.

Si, après avoir cherché à nous rendre compte des principales conditions physiques que présentait le développement de la vie à la surface ancienne de la terre, nous nous rapprochons davantage des phénomènes biologiques, nous examinerons d'abord quelle est la température maximum à laquelle la vie a pu commencer à se manifester.

Il a fallu, comme on l'a déjà dit, que l'état thermométrique de la partie consolidée permît à l'eau d'y demeurer liquide après sa condensation, et d'agir sur les roches cristallines primitives pour former des dépôts arénacés ou argilo-arénacés avec leurs détritus résultant de leur décomposition et de leur désagrégation. La croûte oxydée, en vertu de la faible conductibilité des roches, pouvait être fort peu épaisse, puisque, ainsi que nous

l'avons rappelé, on peut marcher impunément sur un courant de lave peu de jours après sa sortie du cratère, alors qu'il est encore incandescent et même fluide à une faible profondeur.

Les glaces polaires, avons-nous dit, n'existaient pas, la température des mers était plus égale aux diverses latitudes et aux diverses profondeurs. Par suite de la chaleur du fond, celle de la surface ne pouvait en aucune saison s'abaisser sensiblement au-dessous de celle de la masse. Les brumes qui devaient se former au coucher du soleil empêchaient la perte par le rayonnement. L'augmentation de température avec la profondeur était en rapport avec celle de la masse, et toutes les sources étaient thermales. Le peu d'étendue des terres et le peu de relief du sol devait rendre ces dernières peu abondantes et peu nombreuses.

Les êtres organisés, analogues à ceux de nos jours, n'ont pu commencer à vivre dans ces eaux que lorsque leur température était au-dessous de 100° et même de 80°. Ainsi, la végétation actuelle se développe sous des températures moyennes qui atteignent 28° cent., quelquefois 40° à 48° (1), si le sol n'est pas complétement privé d'humidité. Des animaux terrestres vivent dans les mêmes conditions.

On sait que des plantes aquatiques végètent dans des sources très-chaudes. Ainsi, l'*Ulva labyrinthiformis*, Linn., (*U. thermalis*) vit dans les ruisseaux d'Albano à une température de 85°. Des gazons de *Marchantia* et de *Lycopodium*, dans l'île d'Amsterdam, végètent dans des eaux à 85°. A Manille, un *Aspalathus* (légumineuse) et un *Vitex* (Gattilier) plongent leurs racines dans des eaux aussi chaudes. Ce sont en général des mousses, des graminées et des plantes stolonifères qui se plaisent dans ces conditions, où elles vivent d'ailleurs mieux qu'elles ne se reproduisent. Végétaux aquatiques.

Parmi les animaux, les mollusques vivent et se propagent dans des eaux douces et salées à 45° et même à 60° cent. Le *Gammarus locusta*, petite crevette d'eau douce, vit dans le ruis- Animaux aquatiques.

(1) Adanson, *Hist. natur. du Sénégal*, p. 26, 131; 1757.

seau d'Albano avec les Ulves que nous avons citées. Certains insectes vivent dans les eaux thermales d'Aix à 40° et 45°, des coléoptères et des *Hydrobius* dans les eaux chaudes de Bade (Argovie), des Paludines dans celles à 44° des monts-Euganéens, la *Limnæa peregra*, le *Melanopsis buccinoides*, l'*Helicina Prevostina* dans celles de Voeslau (Autriche), à 21°. En Algérie, on cite de petits crustacés du genre *Cypris*, des Écrevisses et des conferves dans des ruisseaux où l'on ne peut tenir la main, et, à peu de distance au-dessous, des poissons du genre Barbe et des Crapauds là où la température est encore fort élevée. D'autres poissons sont signalés dans des localités dont les eaux ont de 40° à 75°, des tortues dans des eaux de 40° à 44°, etc. Nous pourrions multiplier beaucoup ces exemples, que l'on trouve dans les relations des voyageurs et des naturalistes les plus habitués à bien observer; mais ceux-ci suffisent pour atteindre notre but (1).

Animaux terrestres.

Parmi les animaux terrestres, les reptiles sont ceux qui s'accommodent le mieux d'une haûte température, quoique les oiseaux et les mammifères soient aussi plus nombreux et plus variés sous les tropiques.

Ainsi, les végétaux, surtout ceux qui ne se propagent guère au moyen de graines, et les animaux des classes inférieures jusqu'aux reptiles, pouvaient vivre sous des températures de 80° à 40° cent. Néanmoins, dans l'état actuel des choses, les êtres organisés qui se trouvent dans ces conditions sont en si petite quantité, toutes proportions gardées avec ceux qui naissent et se développent sous des températures moins hautes, qu'on ne peut pas considérer ces mêmes conditions comme réellement favorables au développement de l'organisme, car les plus élevés s'y montrent à peine et n'y acquièrent jamais de dimensions considérables. Il faudrait donc admettre des modifica-

(1) Boué, *Bull. Soc. géol. de France,* 2ᵉ sér., vol. IX, p. 441; 1852. — P. Gervais, *l'Institut*, vol. XVII, p. 12; 1848. — *Neu. Jahrb.* de Leonhard et Bronn, p. 640; 1849. — G. Bronn, *Geschichte der Natur,* vol. II, p. 45; 1843.

tions plus ou moins profondes dans la composition ou les fonctions des organes, si l'on voulait supposer que des végétaux et des animaux, aussi nombreux que ceux des faunes et des flores anciennes, aient pu naître, croître et se reproduire sous l'empire de circonstances atmosphériques ou dans des milieux très-différents de ceux qui nous entourent.

D'un autre côté, les organismes animaux et végétaux de ces temps reculés, quoique de familles et de genres souvent très-distincts de ceux de nos jours, ne nous offrent aucune preuve qu'ils se soient développés dans des conditions très-différentes de celles que nous voyons, et certains genres mêmes, qui ont pu traverser toute la série des âges de la terre, sans avoir éprouvé la plus légère modification, montrent assez qu'il faut encore chercher ailleurs que dans les agents physiques extérieurs les vrais motifs de l'extinction et du renouvellement des êtres.

§ 5. Apparition simultanée des animaux et des végétaux.

Actions compensatrices des animaux et des végétaux.

Les animaux convertissent l'oxygène de l'atmosphère en acide carbonique, et les végétaux s'approprient au contraire le carbone de ce dernier en rejetant l'oxygène ; tel est le premier principe général de l'économie organo-chimique de la nature. C'est une de ces lois de solidarité harmonique qui semblent être indispensables à son équilibre, car il en résulte qu'une riche population de l'un des règnes n'aurait pu subsister longtemps sans rendre l'atmosphère irrespirable ou insuffisante à l'autre, à moins qu'il n'eût existé un agent différent, remplaçant le règne absent, supposition purement gratuite et que rien ne justifie. Il ne s'ensuit point d'ailleurs que les proportions rigoureuses des éléments constituants de l'atmosphère aient été aux époques anciennes absolument les mêmes qu'aujourd'hui, et l'on a vu en effet que l'acide carbonique, par exemple, pouvait être plus abondant et favoriser l'accroissement de la végétation

sans nuire notablement à l'existence des animaux et surtout des animaux aquatiques, les seuls connus de ces temps anciens.

Cette compensation, nécessaire pour les animaux et les végétaux terrestres, paraît l'être moins dans les mers, où il n'y a qu'un petit nombre d'algues et de fucoïdes, et une si prodigieuse quantité d'animaux de toutes les classes, se mangeant les uns les autres. Les plus grands de ces animaux même, tels que les cétacés, qui ne sont point herbivores comme les grands mammifères terrestres, ne se nourrissent que d'organismes comparativement fort petits. Si les phénomènes respiratoires s'y compensent, ce ne peut être qu'au moyen des algues, des laminariées, des fucus, des conferves microscopiques, dont la croissance et la multiplication sont si rapides et dont on ne retrouve naturellement aucune trace à l'état fossile. Si, au premier abord, quelques données récentes, dont nous parlerons plus loin, semblent affaiblir ces généralités, n'oublions pas que ces nouvelles acquisitions de la science ne se rapportent qu'aux êtres les plus inférieurs de l'échelle organique, vivant dans des conditions encore peu connues, qui seront même toujours soustraites à l'observation directe de l'homme.

Lorsqu'il n'y avait que des animaux invertébrés aquatiques ou des poissons et des reptiles, il n'était pas aussi indispensable que l'activité végétale fût dans la proportion que nous lui voyons de nos jours, et, si elle était la même, l'atmosphère a dû perdre sensiblement de son acide carbonique. Mais on peut encore trouver une compensation d'un autre ordre, car, comme il y avait beaucoup moins de terres émergées à l'époque houillère, par exemple, qu'il n'y en a eu depuis, il y avait, toutes proportions gardées, moins de surface de végétation agissant sur la composition de l'atmosphère, alors aussi qu'il y avait très-peu d'animaux respirant l'air en nature.

Matières organisées assimilables formées par les plantes seules.

Les plantes seules ont la propriété de produire de la matière organisée ; les animaux ne peuvent se nourrir que de cette substance; les premiers ont donc pu vivre et se propager seuls dans l'eau contenant de l'acide carbonique, tandis que les animaux n'ont pu exister sans le secours des végétaux, qui ont dû

les précéder. Les végétaux marins, tels que les algues et les fucus, ne semblent pas devoir plus suffire à la nourriture qu'à la respiration des animaux marins ; ceux qui ont dû et qui doivent subvenir plus efficacement à l'alimentation d'une grande partie de ces derniers, ce sont les diatomacées, les desmidiées, etc., rangées d'abord parmi les animaux, mais replacées depuis dans le règne végétal, comme nous le dirons plus loin, et sans lesquelles, en effet, les découvertes récentes ne se comprendraient pas. On sait aussi, d'après les recherches de M. Ch. Schmidt, que les *Bacillaria* ont, ainsi que les plantes, la cellulose pour base de leurs tissus, et non des combinaisons comme les animaux, de sorte que ces corps forment de la matière organique à l'instar des végétaux. Les mollusques acéphales se nourrissent aussi presque exclusivement de petits organismes.

De même qu'il semble rationnel de supposer que les plantes ont dû précéder les animaux qui ne pouvaient subsister qu'en s'assimilant une matière organique déjà préparée, de même on ne comprendrait pas que les animaux herbivores n'aient pas, dans chaque classe et dans chaque embranchement, précédé les carnassiers, s'ils n'ont pas été créés en même temps.

Développement consécutif des êtres.

Les êtres destinés à servir de nourriture à d'autres ont dû nécessairement devancer ceux-ci. Quelle que soit la cause qui a présidé à leur apparition, il est peu probable qu'ils aient été créés à l'état adulte, et, d'un autre côté, ceux qui devaient s'en nourrir seraient morts de faim s'ils avaient, à leur tour, été créés plus tôt. Il a fallu, de plus, que, dès l'origine, les proportions numériques fussent établies pour que l'équilibre pût se maintenir ; si les carnassiers d'une classe quelconque, par exemple, eussent été en nombre tel qu'ils aient pu détruire tous les herbivores ou les granivores de la même classe ou d'une autre, ils n'eussent pas tardé à succomber eux-mêmes, et, de proche en proche, toute la création eût été détruite. Cette pondération de l'ensemble des forces organiques, qui s'est maintenue à travers les diverses époques et malgré les innombrables modifications des êtres dans le temps, n'est pas un résultat

moins merveilleux que la création et la succession elles-mêmes.

Dans les deux règnes aussi, les êtres parasites, qui naissent, se développent et vivent aux dépens des autres de même classe ou de classes différentes, n'ont pu commencer à paraître qu'après ceux sur ou dans lesquels ils devaient se fixer, vivre, puis se reproduire. Il y a donc encore ici un enchaînement forcé par la nature même des choses. L'existence des premiers est subordonnée à celle des seconds, et quelquefois d'une manière telle, qu'une espèce parasite dépend absolument d'une seule espèce de plante, et ceci est plus frappant encore pour certains helminthes ou vers intestinaux, qui exigent la présence de plusieurs espèces déterminées, dans l'intérieur desquelles ils doivent accomplir des évolutions ou métamorphoses successives, avant d'atteindre la dernière forme sous laquelle ils peuvent se reproduire.

Solidarité des fonctions de la nature.

C'est ainsi que l'état physique et chimique général de la surface de la terre se trouve, à beaucoup d'égards, lié aux fonctions de l'organisme. Les deux règnes concourent à maintenir la composition de l'atmosphère, et, d'un autre côté, la plante est une condition de vie pour la plante, plus souvent encore pour l'animal herbivore, comme celui-ci l'est pour le carnivore, et ce dernier même quelquefois pour le carnassier plus fort ou plus courageux (1). Ces relations essentielles deviennent innombrables si l'on observe que, fréquemment, les plantes et les animaux ne sont attachés qu'à un très-petit nombre d'espèces qui leur servent d'aliment et dont l'apparition a dû les précéder.

« Ainsi, dit M. Dumas (2), c'est dans le règne végétal que réside le grand laboratoire de la vie organique; c'est là que les « matières animales et végétales se forment, et elles s'y forment « aux dépens de l'air; des végétaux, ces matières passent toutes « formées dans les animaux herbivores, qui en détruisent une « partie et qui accumulent le reste dans leurs tissus; des ani-

(1) G. Bronn, *Geschichte der Natur*, vol. II, p. 164.
(2) *Essai de statistique chimique des êtres organisés*, p. 6, in-8, 1842.

« maux herbivores, elles passent toutes formées dans les ani-
« maux carnivores, qui en détruisent ou en conservent suivant
« leurs besoins ; enfin, pendant la vie de ces animaux ou après
« leur mort, ces matières organiques, à mesure qu'elles se dé-
« truisent, retournent à l'atmosphère d'où elles proviennent.
« Ainsi se forme ce cercle mystérieux de la vie organique à la
« surface du globe, cercle éternel dans lequel elle s'agite et se
« manifeste, mais où la matière ne fait que changer de place.

« Et si l'on ajoute à ce tableau, déjà si frappant par sa sim-
« plicité et sa grandeur, continue le célèbre chimiste, le rôle in-
« contesté de la lumière solaire, qui seule a le pouvoir de mettre
« en mouvement cet immense appareil inimité jusqu'ici, que le
« règne végétal constitue et où vient s'accomplir la réduction
« des produits oxydés de l'air, on sera frappé du sens de ces
« paroles de Lavoisier :

« *L'organisation, le sentiment, le mouvement spontané, la*
« *vie n'existent qu'à la surface de la terre et dans des lieux*
« *exposés à la lumière* (1). *On dirait que la fable du flambeau*
« *de Prométhée était l'expression d'une vérité philosophique*
« *qui n'avait point échappé aux anciens. Sans lumière, la na-*
« *ture était sans vie ; elle était morte et inanimée ; un Dieu bien-*
« *faisant, en apportant la lumière, a répandu sur la surface*
« *de la terre l'organisation, le sentiment et la pensée.* »

Enfin nous reproduirons encore le passage suivant, qui, sous une forme moins sévère et presque poétique, exprime la même idée avec autant de grâce que d'exactitude.

« Il n'y a que l'air qui nous environne dont la circulation
« continue unit comme par un lien commun tout ce qui
« couvre la terre. L'acide carbonique que nous exhalons est
« dispersé par lui sur tout le monde, du soir au matin. Le
« Dattier qui croît sur les bords du Nil l'aspire, les Cèdres du
« Liban s'en emparent pour élever jusqu'aux cieux leurs têtes
« altières. Les Cocotiers de Taïti en poussent plus rapidement;

(1) On verra plus loin que certains organismes très-inférieurs semblent échapper à cette loi.

« les Palmiers et les Bananiers du Japon y prennent leurs fleurs. « L'oxygène que nous respirons vient d'être distillé par les « Magnolias de la Susquehanna, les grands arbres qui ombra- « gent l'Orénoque et les rives de l'Amazone. Les Rhododen- « drons géants de l'Himalaya, les Roses et les Myrtes du Cache- « mir, les Cannelliers de Ceylan et les antiques forêts qui « s'élèvent au sein de l'Afrique, bien loin dans les montagnes « de la Lune, contribuent pour leur part à la production de cet « agent de la vie humaine. Enfin, les pluies qui viennent ar- « roser nos pays sont dues aux glaces polaires, et du Lotus « qui flotte sur les eaux du Nil émanent des vapeurs humides « qui vont couvrir de neige le sommet des Alpes (1). »

(1) *North british Review*, in F. Maury, *Géographie physique de la mer*, traduction française, p. 82, 1858.

CHAPITRE II

DE L'ESPÈCE

—

§ 1. Opinions diverses.

Après avoir jeté un coup d'œil sur le tableau de la terre ancienne, au point de vue qui nous intéresse plus particulièrement, il nous reste, avant de passer à celui de l'époque actuelle, à traiter une question qui se rattache à l'un et à l'autre, qui est une des plus fondamentales de la philosophie de la nature et sur laquelle repose en partie la paléontologie pratique; c'est la question de l'espèce avec toutes celles qui s'y rattachent. Exposition.

Qu'est-ce que l'espèce? l'espèce est-elle fixe et immuable? est-elle perpétuelle? ou bien est-elle variable dans ses caractères, temporaire dans son existence?

La solution absolue de ces questions, si elle était possible, serait du domaine du zoologiste et du botaniste, s'aidant de toutes les données de la paléontologie et de la géologie. Mais si l'on remarque qu'elle a préoccupé les naturalistes de tous les temps et qu'ils sont encore aujourd'hui divisés à ce sujet, on concevra que notre rôle ne peut être de prétendre la résoudre avec les seules ressources que présentent les fossiles. Ce que nous pouvons et ce que nous devons même faire ici, c'est d'exposer et de discuter les principales opinions émises, les motifs sur lesquels elles s'appuient et de justifier celle à laquelle nous nous rattachons.

Le mot *espèce* est celui qui revient le plus souvent dans l'é-

tude des sciences naturelles; il en est le premier et le dernier, a dit un de nos plus célèbres zoologistes (1), et le jour où nous en serions complétement maîtres, nous serions bien près de le devenir de la science entière. Un botaniste éminent a dit aussi : « Énoncer clairement ses opinions sur la nature de « l'*espèce* est pour un naturaliste l'épreuve la plus redoutable « de toutes (2). »

J. Ray, Émm. Kœnig, Tournefort.

Les anciens ne semblent s'être préoccupés de l'espèce, ni au point de vue de la nature ni au point de vue de la science, et l'on peut dire qu'il en a été de même des auteurs de la Renaissance. En 1688 Emmanuel Kœnig (3) réunit les individus en espèces et fait de celles-ci des divisions du genre. De son côté Jean Ray (4) regarde comme étant de même espèce les végétaux qui ont une origine commune et se produisent par semis, quelles que soient leurs différences apparentes. Mais, ajoute un de nos savants naturalistes (5), l'espèce ne fut réellement caractérisée qu'en 1700 par Tournefort. Il avait défini le *genre*, l'ensemble des plantes qui se ressemblent par leur structure; il appelle *espèce* la collection de celles qui se distinguent par quelques caractères particuliers (6).

Linné.

En 1736, Linné résume sa doctrine dans cet aphorisme, comme il l'appelle : Nous comptons autant d'espèces qu'il y a eu de formes diverses créées à l'origine (7). En 1751, dans la *Philosophie botanique* (8), il conclut qu'autant on rencontre aujourd'hui de formes et d'organisations différentes, autant il

(1) Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, *Histoire naturelle générale des règnes organiques*, vol. II, p. 349; 1849.

(2) Alph. de Candolle, *Géographie botanique raisonnée*, vol. II, p. 1068; 1855.

(3) *Regnum vegetabile*, in-4, p. 68; 1688.

(4) *Historia plantarum* et *Synopsis methodica animalium*, in-4. Londres, 1693.

(5) De Quatrefages, *Unité de l'espèce humaine*, p. 42; 1861.

(6) *Institutiones rei herbariæ*, in-4, p. 50 et *passim*. Paris, 1700.

(7) *Fundamenta botanica*, aphor. 155, éd. in-12, p. 18. Amsterdam, 1736.

(8) *Philosophia botanica*, aphor. 157, in-8, p. 99. Stockholm, 1751.

existe d'espèces primitives et perpétuelles, *quot diversæ formæ seu structuræ hodiernum occurrunt*, chacune des formes actuelles dérivant d'une de celles que l'être infini a initialement produites et qui ont subsisté à travers les temps, toujours semblables á elles-mêmes, *plures et sibi semper similes*. Mais plus tard Linné semble avoir modifié profondément ses idées lorsqu'il en vient à soupçonner que toutes les espèces d'un même genre auraient à l'origine constitué une seule espèce; *ab initio unam constituerint speciem* (1).

L'idée du changement des espèces, les unes dans les autres de même que celle de leur fixité, remonte assez haut dans l'antiquité. On la retrouve dans les préceptes de l'école ionienne et elle se rattache plus tard aux *transmutations* des livres hermétiques. Elle a été surtout posée dans les temps modernes avec une grande hardiesse par Bacon (2), et malgré le ridicule que les naturalistes ont jeté sur les élucubrations fantastiques de de Maillet (3), dont ils ont méconnu l'esprit et l'intention, il faudra bien que les partisans de la variabilité illimitée, assez nombreux de nos jours, l'acceptent comme leur véritable précurseur. Bacon.

L'*espèce*, dit Buffon, *est une succession constante d'individus semblables et qui se reproduisent, et le caractère de l'espèce c'est la fécondité continue*. C'est sans doute la définition la plus profonde que l'on ait donnée jusque-là, mais dont le second terme n'implique pas nécessairement le premier. Aussi l'illustre auteur, à partir de 1753, époque à laquelle parut le premier volume de l'*Histoire naturelle* où il se prononce pour l'immutabilité des espèces, partage d'abord les vues de Linné dans ceux publiés en 1755 et 1756, puis en 1761 et 1766 semble pencher vers la variabilité des espèces, pour s'arrêter Buffon.

(1) Nous renverrons, pour plus de détails sur ce sujet, à l'ouvrage déjà cité d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, vol. II, p. 375-383. — *Voy.* aussi Gérard, art. Espèce, du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, vol. V, p. 430 ; 1844; — de Quatrefages, *Cours d'anthropologie*, le journal *la Science*, 1856, p. 589.

(2) *Sylva sylvarum or a natural history*, cent. VI, et *Nova Atlantis*.

(3) Voy. *anté*, première partie, p. 266.

dans ses publications de 1765 à 1778 à une variabilité limitée. Ainsi il dit, dans ce dernier sens : « L'empreinte de chaque « espèce est un type dont les principaux traits sont gravés en « caractères ineffaçables et permanents à jamais ; mais toutes « les touches accessoires varient » (1); et ailleurs : « La forme « constitutive de chaque animal s'est conservée la même et sans « altération dans ses principales parties; les individus de chaque « genre représentent aujourd'hui les formes de ceux des pre- « miers siecles, surtout dans les espèces majeures, car les es- « pèces inférieures ont éprouvé d'une manière sensible tous « les effets des différentes causes de dégénération (2). »

« A la définition qui se déduit des vues de Linné, à celle « qu'a donnée Buffon, se rattachent, dit un de leurs commen- « tateurs (3), la plupart des définitions qui ont eu cours dans la « suite du XVIII[e] siècle et dans le nôtre. De la première dérivent « toutes celles dont l'élément essentiel est l'invariabilité per- « pétuelle du type ; de la seconde celles qui caractérisent « surtout l'espèce par la fécondité continue, et de toutes deux la « multitude de celles qui reposent sur l'une et sur l'autre de « ces notions. »

L. de Jussieu. Suivant Ant. Laurent de Jussieu : « L'espèce doit être définie, « une succession d'individus entièrement semblables, perpé- « tués au moyen de la génération ; d'où il suit que chaque indi- « vidu représente véritablement toute l'espèce passée, présente et « future; *vera totius speciei effigies* (4). » Pour Blumenbach l'es- pèce est une réunion non pas d'individus entièrement sem- blables, mais assez semblables pour que leurs différences puissent être attribuées à la dégénérescence (5). Peu après Illiger simplifie la définition de Buffon en disant que l'espèce

Blumenbach.

Illiger.

(1) *Hist. natur.*, vol. XIII, p. IX; 1765.

(2) *Époques de la nature*, Supplém. V, p. 27 ; 1778.

(3) Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, *loc. cit.*, p. 396.

(4) *Genera plantarum*, Introduction, p. XXXVII; 1789. — Art. MÉTHODE du *Dictionn. des sc. natur.*, vol. XXX, p. 439 ; 1824.

(5) *De generis humani varietate nativa*, p. 66, 3[e] éd. Gœttingen, 1795.

doit comprendre l'ensemble des êtres qui donnent entre eux des produits féconds (1).

En 1798 G. Cuvier dit : « L'espèce est la collection de tous « les corps organisés nés les uns des autres ou de parents « communs et de ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se « ressemblent entre eux (2). » Plus tard il a changé le premier membre de la phrase en celui-ci : « L'*espèce comprend les individus qui descendent les uns des autres* (3). » Dans le cours de sa vie, le grand anatomiste paraît s'être de plus en plus confirmé dans sa manière de voir à cet égard, s'éloignant sur ce point de la marche qu'avait suivie l'esprit de Buffon. D'autres zoologistes et botanistes éminents de notre temps, tels que P. de Candolle, de Blainville, J. Müller, Dugès, Duvernoy et nos savants collègues du Muséum, MM. Flourens, Milne Edwards, Valenciennes et de Quatrefages ont adopté dans ce qu'elle a de plus essentiel la définition de Cuvier avec toutes ses conséquences. Nous ne nous arrêterons pas davantage à l'opinion de Cuvier, ayant déjà donné dans la *première partie* (p. 415-448) de nombreux développements à ce sujet. Mais nous reviendrons plus loin sur celles de ses continuateurs. G. Cuvier et son école.

Dès 1768 Robinet publie son *Essai de la nature qui apprend à faire des hommes*, et en 1779 Bonnet avait avancé que : « la diversité et la multitude des conjonctions, peut-être « même la diversité des climats et des nourritures ont donné « naissance à de nouvelles espèces ou à des individus intermé- « diaires (4). » Robinet, Bonnet, De Lamarck.

De Lamarck, qui avait d'abord adopté le principe de la fixité de l'espèce (5), n'a pas tardé à se rattacher à l'idée contraire.

(1) *Versuch einer Terminologie*, in-8, p. 5. Helmstädt, 1800.

(2) *Tableau élémentaire de l'histoire naturelle*, in-8, p. 11 ; 1798.

(3) *Discours préliminaire sur les révolutions du globe*, in-4, vol. I, p. LVIII ; 1821.

(4) *Œuvre d'hist. natur. et de philos.*, in-8, p. 230 ; 1779.

(5) *Recherches sur l'organ. des corps vivants*, p. 141. — Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, *loc. cit.*, p. 405-410. L'auteur n'a pas fait remarquer que de Lamarck rappelait ainsi en 1802 une opinion qu'il devait avoir

Dans ses cours et ses publications de 1801 à 1809, il développe en effet des principes qu'on retrouve encore soutenus en 1815, avec les mêmes convictions, dans l'Introduction de l'*Histoire des animaux sans vertèbres*, et, en 1820, dans le *Système des connaissances positives*.

De Lamarck s'appuie d'abord sur cette espèce d'aphorisme : « Les circonstances extérieures font tout ; elles modifient pro- « fondément les êtres ; des circonstances naissent les besoins, « des besoins les désirs, des désirs les facultés, des facultés « les organes (1). »

« On a appelé *espèce*, dit-il ailleurs (2), toute collection d'in- « dividus semblables qui furent produits par d'autres individus « pareils à eux. Cette définition est exacte; car tout individu « jouissant de la vie ressemble toujours, à très-peu près, à « celui ou à ceux dont il provient. Mais on ajoute à cette défini- « tion la supposition que les individus qui composent une es- « pèce ne varient jamais dans leur caractère spécifique et que « conséquemment l'*espèce* a une constance absolue dans la « nature. C'est uniquement cette supposition que je me pro- « pose de combattre, parce que des preuves évidentes obtenues « par l'observation constatent qu'elle n'est pas fondée. »

La théorie générale de Lamarck se trouve complétement résumée dans ce qui suit, où les considérations qu'il a exposées lui font admettre (p. 65) :

« 1° Que tous les corps organisés de notre globe sont de vé- « ritables productions de la nature, qu'elle a successivement « exécutées à la suite de beaucoup de temps ;

« 2° Que dans sa marche la nature a commencé et recom- « mence encore tous les jours par former les corps organisés « les plus simples et qu'elle ne forme directement que ceux-là, « c'est-à-dire que ces premières ébauches de l'organisation,

abandonnée plusieurs années auparavant, puisqu'en 1801 il professait déjà les idées opposées.

(1) *Recherches sur l'organisation des corps vivants*, in-8, p. 50, an X,

(2) *Philosophie zoologique*, 1re éd., 1809. — 2e éd., vol. I, p. 54. 1830. C'est à cette dernière que se rapporte la pagination indiquée.

« qu'on a désignées par l'expression de *générations spontanées;*

« 3° Que les premières ébauches de l'animal et du végétal « étant formées dans les lieux et les circonstances convenables, « les facultés d'une vie commençante et d'un mouvement or- « ganique établi ont nécessairement développé peu à peu les « organes, et qu'avec le temps elles les ont diversifiés ainsi que « les parties; . . . .

« 4° Que la faculté d'accroissement dans chaque portion du « corps organisé étant inhérente aux premiers effets de la vie, « elle a donné lieu aux différents modes de multiplication et de « régénération des individus; et que par là les progrès acquis « dans la composition de l'organisation et dans la forme et la « diversité des parties ont été conservés;

« 5° Qu'à l'aide d'un temps suffisant, des circonstances qui « ont été nécessairement favorables, des changements que tous « les points de la surface du globe ont successivement subis « dans leur état, en un mot du pouvoir qu'ont les nouvelles « situations et les nouvelles habitudes pour modifier les organes « doués de la vie, tous ceux qui existent maintenant ont été « insensiblement formés tels que nous les voyons;

« 6° Enfin que d'après un ordre semblable de choses, les corps « vivants ayant éprouvé chacun des changements plus ou moins « grands dans l'état de leur organisation et de leurs parties, « ce qu'on nomme *espèce* parmi eux a été insensiblement et « successivement ainsi formé, n'a qu'une constance relative « dans son état et ne peut être aussi ancien que la nature. »

De l'influence des circonstances sur les actions des animaux dont il traite dans le chapitre VII, de Lamarck croit aussi pouvoir déduire (page 260) que : « des répétitions multipliées de « ces actes d'organisation fortifient, étendent, développent et « même créent les organes qui y sont nécessaires. Il ne faut « qu'observer attentivement ce qui se passe partout à cet égard « pour se convaincre du fondement de cette cause des dévelop- « pements et des changements organiques.

« Or, tout changement acquis dans un organe par une ha- « bitude d'emploi suffisante pour l'avoir opéré se conserve

« ensuite par la génération, s'il est commun aux deux indi-
« vidus qui, dans la fécondation, concourent ensemble à la
« reproduction de leur espèce. Enfin ce changement se propage
« et passe ainsi à tous les individus qui se succèdent et qui
« sont soumis aux mêmes circonstances sans qu'ils aient été
« obligés de l'acquérir par la voie qui l'a réellement créé. »

. . . . . . « Si je voulais ici passer en revue toutes les
« classes, tous les ordres, tous les genres et toutes les espèces
« des animaux qui existent, je pourrais faire voir que la confor-
« mation des individus et de leurs parties, que leurs organes,
« leurs facultés, etc., etc., sont partout uniquement le résultat
« des circonstances dans lesquelles chaque espèce s'est trouvée
« assujettie par la nature et des habitudes que les individus
« qui la composent ont été obligés de contracter, et qu'ils ne
« sont pas le produit d'une forme primitivement existante qui a
« forcé les animaux aux habitudes qu'on leur connaît (p. 262). »

Ces quelques citations empruntées à la *Philosophie zoologique* de l'illustre professeur du Jardin des Plantes suffisent, nous le pensons, pour donner une idée de la théorie qu'il a exposée et soutenue avec une clarté, une netteté de vues et une franchise à poursuivre jusqu'au bout les conséquences de son principe, que nous retrouverons rarement dans les derniers de ses représentants.

Ét. Geoffroy Saint-Hilaire.

Suivant Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1), son père n'aurait pas été le continuateur de Lamarck; il répudie cette succession en son nom, et lui assigne au contraire une large part dans l'héritage de Buffon. Mais qu'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire ait rejeté les variations dues à des changements d'*actions* et d'*habitudes* pour conserver l'influence directe des *milieux ambiants*, aux points de vue physiologique, philosophique et géologique, c'est absolument la même chose; la faculté de varier, attribuée à l'espèce, est le point essentiel de la question; c'est le principe fondamental de la théorie, et peu importe pour le résultat que cette faculté soit mise en jeu par une cause ou par une autre.

(1) *Hist. nat. gén.*, etc., vol. II, p. 412.

Ce fut vers 1825 que l'illustre membre de la Commission d'Égypte émit ses idées à ce sujet; mais ce fut dans son *Mémoire sur le degré d'influence du monde ambiant pour modifier les formes animales* (1831) et dans ses *Études progressives d'un naturaliste* (1835), c'est-à-dire vers la fin de sa carrière, qu'il les développa complétement. Comme on peut penser qu'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire a présenté les opinions de son père sous leur jour le plus favorable, nous les reproduirons dans les termes dont il s'est servi.

Il ramène ces idées à cinq propositions principales : deux premières, générales, dit-il (p. 416), une troisième conséquence relative aux êtres actuels comparés entre eux, et deux dernières, se rapportant à ces mêmes êtres, mais comparés avec ceux qui ont autrefois peuplé le globe.

1° L'espèce est fixe sous la raison du maintien de l'état conditionnel de son milieu ambiant ; 2° elle se modifie, elle change, si le milieu ambiant varie et selon la portée de sa variation ; d'où il résulte que, « parmi les êtres récents et actuels, on ne « doit pas voir et l'on ne voit pas se produire de différence es- « sentielle ; pour eux, c'est le même cours d'événements comme « la même marche d'excitation.

« Au contraire, le monde ambiant ayant subi, d'une époque « géologique à l'autre, des changements plus ou moins considé- « rables, l'atmosphère ayant même varié dans sa composition « chimique, et les conditions de respiration ayant été ainsi « modifiées, les êtres actuels doivent différer, par leur organi- « sation, de leurs ancêtres des temps anciens, et en différer se- « lon le degré de la puissance modificatrice.

« A ce point de vue, l'évolution des espèces peut être com- « parée à celle des individus. Dans un même milieu et sous « l'influence des mêmes agents physiques et chimiques, ceux- « ci restent des répétitions exactes les uns des autres. Mais que, « tout au contraire, il en soit autrement, de nouvelles ordon- « nées, si elles interviennent sans interrompre l'action vitale, « font varier nécessairement les êtres qui en ressentent les ef- « fets, ce qui, dans les grandes opérations de la nature, exige

« un temps quelconque considérable, mais ce qui est accessible « à nos sens et se trouve produit en petit et sous nos yeux dans « le spectacles des monstruosités, soit accidentelles, soit volon- « taires. »

Comme toujours, ces prémisses, aussi bien que les conclusions, restent à démontrer dans le présent et dans le passé; ce sont de ces vues de l'esprit auxquelles l'application fait défaut; et l'auteur constate lui-même, en quelque sorte, l'absence de toute preuve lorsqu'il invoque, comme exemples, des cas tératologiques, des anomalies, des aberrations de la nature. Qu'y a-t-il de plus illogique que de chercher une loi dans ce que l'on reconnaît être l'exception, le résultat d'une cause fortuite en dehors de toute règle, et qui le plus ordinairement ne se reproduit pas? Nous ne dirons rien de l'action des changements géologiques; nous aurons à constater, jusque dans ces dernières années, l'abus que les zoologistes ont continué à en faire tout comme dans les siècles précédents.

La dernière proposition n'est présentée, continue Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, qu'avec réserve; et, en effet, elle a un caractère tranché qui la rapproche beaucoup des idées de Lamarck, avec lequel il repousse, cependant, toute communauté.

« Les animaux vivant aujourd'hui proviennent, par une suite « de générations et sans interruption, des animaux perdus du « monde antédiluvien, par exemple, les Crocodiles de l'époque « actuelle, des espèces retrouvées aujourd'hui à l'état fossile, « les différences qui les séparent les uns des autres fussent- « elles assez grandes pour pouvoir être rangées, selon nos rè- « gles, dans la classe des distinctions génériques. »

On ne peut rien dire de plus explicite et de plus parfaitement en opposition avec les principes soutenus par Cuvier (Voy. *antè*, Ire partie, p. 436). Plus loin, il est vrai, le savant commentateur ajoute (p. 420) : « Ce n'est qu'une hypo- « thèse posée en face de l'hypothèse contraire, non démontrée, « l'auteur le reconnaît, ni même encore démontrable, mais « plus simple, à ce titre déjà plus vraisemblable, et aussi plus « conforme aux faits et à la raison; c'est une question que j'ai

« posée, continue-t-il; c'est un doute que j'ai émis et que je « reproduis au sujet de l'opinion régnante (celle de Cuvier); j'ai « pensé et je crois toujours que les temps d'un savoir véritable- « ment satisfaisant en géologie ne sont pas encore venus. »

Cette dernière phrase, écrite en 1829, était parfaitement motivée ; mais ce qui précède est tout à fait inexact; car le principe rappelé sur lequel Cuvier s'appuyait : « Les races ac- « tuelles ne sont nullement des modifications de ces races an- « ciennes qu'on trouve parmi les fossiles ; les espèces perdues « ne sont pas des variétés des espèces vivantes; » ce principe, disons-nous, n'est pas une *hypothèse;* ce sera une vérité tant qu'on n'aura pas démontré les *passages* ou les *variations*. Il n'y a rien ici de supposé, ni dans les causes, ni dans les résultats; c'est un fait, tandis que la proposition inverse est une pure abstraction, une supposition *qui n'est pas encore même démontrable*. Il n'y a donc aucune comparaison à établir entre les deux manières de voir, quant à leur degré de certitude.

Is. Geoffroy Saint-Hilaire.

Voyons actuellement comment, vingt ans plus tard, le digne émule et le bien regretté fils d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire envisageait ces mêmes questions.

« La *vie de l'espèce* est une vie sans déclin, dit-il (1) ; non- « seulement l'espèce, comme l'individu, est composée d'élé- « ments sans cesse renouvelés ; mais la mobilité même de ces « éléments réalise et entretient le type, ce même type sur lequel « se modèle, à son tour, chaque individu, et elle n'exclut nulle- « ment l'*identité*. On pourrait dire aussi de l'espèce : vivre, « c'est en même temps changer et demeurer sans cesse.

« Mais, ici, les analogies s'arrêtent, et une différence capitale « se présente. L'individu ne varie pas seulement, à chaque « instant, dans sa composition intime, mais aussi d'âge en âge, « dans sa composition générale, dans son état, et, par suite, « dans le mode ou le degré de son action vitale. Il naît, il pro- « gresse, il est à son apogée, il décline ; et, au terme de tous ces

(1) *Histoire naturelle générale des règnes organiques*, vol. II, p. 91, 1856.

« changements d'état, un peu plus tard ou un peu plus tôt, se-
« lon la rapidité du cours de la vie, après des années, des jours,
« des heures, il cesse de vivre. La mort est la conséquence
« même du phénomène de la vie individuelle.

« Les espèces aussi périssent, et le sol qui nous porte est
« plein de ruines auxquelles les espèces actuelles pourront un
« jour ajouter les leurs. Mais, pour qu'il en soit ainsi, il ne fau-
« dra rien moins que l'intervention d'un de ces grands phéno-
« mènes cosmiques qui, de loin en loin, viennent changer la
« face de notre planète ; car l'espèce, dans des conditions qui
« restent les mêmes, tend à rester aussi indéfiniment la même.
« Le mouvement vital, qui dans l'individu se ralentit, puis s'ar-
« rête nécessairement de lui-même, est pour elle, si rien ne vient
« le troubler, uniforme et perpétuel. La reproduction est une
« continuelle renaissance de l'espèce ; les individus qui meurent
« y étant sans cesse remplacés par d'autres, ce qu'elle gagne
« compensant ce qu'elle perd, elle reste toujours composée de
« sujets jeunes, adultes, vieux, sans qu'elle-même soit jamais
« jeune ou vieille. Ni progrès, ni apogée, ni déclin, ni achemi-
« nement vers un terme déterminé. Les espèces restent donc
« indéfiniment ce qu'elles sont, et toujours toutes neuves, comme
« le dit Buffon ; autant aujourd'hui qu'elles l'étaient il y a trois
« mille ans. »

« Quand une espèce périt, c'est donc toujours par une cause
« extérieure. S'il est permis de comparer un des grands faits de
« l'histoire du monde à un de ses plus petits détails, elle s'éteint
« comme l'individu frappé dans sa jeunesse et sa force, non
« comme celui qui s'arrête épuisé au bout de sa carrière.

« La vie de l'espèce diffère donc essentiellement de la vie in-
« dividuelle par ces deux grands caractères qui dérivent l'un de
« l'autre : permanence du type, de ce type dont chaque indi-
« vidu, dans son état de perfection organique, est, sous nos
« yeux, comme un exemplaire vivant; perpétuité indéfinie
« d'une existence dont chaque vie individuelle est comme un
« point dans l'espace, comme un instant dans la durée. »

Nous avons reproduit ce passage en entier, parce qu'il ren-

ferme une idée complète, exprimée avec beaucoup de grâce, et qu'il marque bien la différence du style et des principes du fils et du père. Nous regrettons cependant d'y retrouver encore une invocation aux grands phénomènes cosmiques, ce qui n'était plus permis en 1856. Ainsi, pour Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, aucune modification n'était alors admise dans l'espèce sans l'intervention de causes physiques extérieures. Toute espèce porte en soi le principe de sa fixité et de sa perpétuité. Il semble, en outre, qu'aucune loi n'ait encore été entrevue, présidant à la succession des êtres organisés dans le temps, et, cependant, déjà plusieurs jalons avaient été posés dans cette direction tant en France qu'à l'étranger.

De la variété limitée.

Si l'on s'en tenait au passage que nous venons de citer, on pourrait croire que l'auteur, désertant la cause paternelle, est passé dans le camp de ses adversaires ; mais il n'en est rien, et les événements géologiques, qui sont toujours pour les partisans de la mutabilité des êtres le *Deus ex machinâ*, vont lui servir de base pour développer ce qu'il appelle la *théorie de la variété limitée de l'espèce ;* cette manière de voir, déjà émise par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire à diverses reprises depuis 1850, se trouve résumée dans les paragraphes suivants de son dernier ouvrage (1) :

Exposition des principes.

« I. Les caractères des espèces ne sont ni absolument fixes, « comme plusieurs l'ont dit, ni surtout indéfiniment variables, « comme d'autres l'ont soutenu. Ils sont fixes pour chaque es- « pèce tant qu'elle se perpétue au milieu des mêmes circon- « stances. Ils se modifient si les circonstances ambiantes vien- « nent à changer.

« II. Dans ce dernier cas, les caractères nouveaux de l'espèce « sont, pour ainsi dire, la résultante de deux forces contraires : « l'une, *modificatrice*, est l'influence des nouvelles circon- « stances ambiantes ; l'autre, *conservatrice* du type, est la ten- « dance héréditaire à reproduire les mêmes caractères de gé-

(1) *Histoire naturelle générale des règnes inorganiques*, vol. II, 2e part., p. 431 ; 1859.

« nération en génération. Pour que l'*influence modificatrice* « prédomine d'une manière très-marquée sur la tendance con- « servatrice, il faut donc qu'une espèce passe des circonstances, « au milieu desquelles elle vivait, dans un ensemble nouveau « et très-différent de circonstances ; qu'elle change, comme on « l'a dit, de monde ambiant. . . . .

« III. De là les limites très-étroites des variations observées « chez les animaux sauvages ; de là aussi l'extrême variabilité « des animaux domestiques. . . .

« IV. Parmi les premiers, les mêmes caractères doivent se « transmettre de génération en génération; les circonstances « étant permanentes, les espèces le sont aussi.

« V. Mais, par suite de son extension géographique à la sur- « face du globe, une forme donnée se trouve placée dans des « conditions d'*habitat* et de *climat* donnant lieu à des modifi- « cations qui constituent les races.

« VI. Chez les animaux domestiques, les causes de varia- « tions sont beaucoup plus nombreuses et plus puissantes.

« VII. Le retour de plusieurs races domestiques à l'état sau- « vage a eu lieu sur divers points du globe. De là une seconde « série d'expériences inverses des précédentes et en donnant la « contre-épreuve. »

Objections. Mais que prouvent, en réalité, ces deux derniers paragraphes? que l'homme n'a jamais créé une espèce dans la véritable acception zoologique du mot. Toutes les modifications obtenues sur les quarante espèces soumises à la domestication n'ont pas cessé d'être fécondes entre elles, et, par conséquent, rentrent toutes dans la véritable définition de l'espèce. Bien entendu qu'il n'est point ici question de ces accouplements contre nature dont les produits sont inféconds. Quant au retour des *races domestiques* à l'état sauvage, dès qu'elles sont abandonnées à leur instinct naturel, il est, en effet, la contre-épreuve de l'influence de la domestication, mais pour démontrer précisément que les caractères que celle-ci leur avait imprimés sont purement factices, sans valeur physiologique, n'ont occasionné aucune modification profonde ni réelle dans l'organisme, puis-

qu'ils disparaissent pour revenir au type naturel primitif dès que cesse la cause qui les avait produits.

On ne peut donc rien déduire logiquement, en faveur d'une modification importante de l'espèce, ni de la domestication qui n'en altère pas les caractères essentiels, ni du retour à l'état sauvage qui fait disparaître les changements superficiels et momentanés qu'elle avait produits. C'est tout au plus si la domestication pourrait donner, avec certains soins, une variété permanente, indépendante de soins subséquents; et, dans ce cas encore, ce résultat n'impliquerait, en aucune façon, la *fixité de l'espèce* dans la nature où nous admettons des variétés. Par conséquent, la *variabilité limitée*, ainsi comprise, n'est point une théorie; c'est l'expression d'un fait connu et admis de tous, et parfaitement compatible avec l'*immutabilité*, qui n'a jamais pu être prise dans un sens plus absolu que la ressemblance de deux feuilles d'un même arbre.

Suite de l'exposition des principes et discussion.

VIII. Quant à ce que « ces mêmes expériences prouvent de « plus que les différences produites peuvent être de *valeur gé-* « *nérique*, » nous ne comprenons pas bien que, n'ayant pas même pu produire une véritable *espèce*, elles aient donné de véritables distinctions *génériques*.

X. L'exemple tiré de l'espèce humaine est de la même valeur, puisque nous n'en admettons qu'une avec des variétés ou races qui ne peuvent, en vertu du principe de la fécondité réciproque et continue, constituer des espèces distinctes.

« XI. A la théorie de la variabilité limitée correspondrait, en « paléontologie, continue l'auteur, une hypothèse simple et ra- « tionnelle, celle de la *filiation*... suivant laquelle les ani- « maux actuels seraient issus des animaux *analogues* qui ont « vécu dans l'époque géologique antérieure. Nous serions fon- « dés, par exemple, à rechercher les ancêtres de nos Éléphants, « de nos Rhinocéros, de nos Crocodiles, parmi les Éléphants, « les Rhinocéros, les Crocodiles, dont la paléontologie a dé- « montré l'existence antédiluvienne. »

Ici la question est très-différente et beaucoup plus grave, et nous entrons, en effet, dans le champ des hypothèses; car

on n'a pas encore démontré la *filiation* des espèces dites *éteintes* avec celles de nos jours, et il semble que c'est par là qu'on aurait dû commencer, ne fût-ce que pour ces grands mammifères restaurés et décrits par Cuvier et ses continuateurs, et sauf à le démontrer ensuite pour toutes les autres classes de vertébrés et d'invertébrés. Mais en fût-on arrivé là, et aucun travail suivi n'a encore été entrepris dans cette direction, que la difficulté serait reculée, mais non résolue. Les naturalistes timides, qui rejetant la fixité de l'espèce, n'osent pas non plus admettre toutes les conséquences des idées de Lamarck, et s'attachent à quelques moyens mixtes pour expliquer la succession des formes organisées, sont toujours arrêtés par la nécessité d'une première espèce ou d'un premier type d'où les autres sont dérivés. Qu'importe que les Éléphants et les Rhinocéros actuels descendent des Éléphants et des Rhinocéros quaternaires? Il a toujours fallu créer le premier à une époque ou à l'autre; or, il n'est pas plus difficile de concevoir que la nature ait créé plusieurs espèces d'Éléphants et de Rhinocéros, soit en même temps, soit successivement, qu'une seule espèce de chacun de ces genres à la fin de la période tertiaire. Les partisans de la variabilité illimitée nous paraissent être beaucoup plus conséquents.

Le paragraphe XII témoigne d'une absence complète de données sur l'état actuel des connaissances paléontologiques relativement à la distribution des fossiles dans l'intérieur de la terre; il serait donc superflu de nous y arrêter. Le paragraphe XIII, qui en est la suite, n'est pas plus fondé. Les *époques géologiques*, telles que les conçoivent les naturalistes qui n'ont point pratiqué la géologie et la paléontologie assez longtemps sur le terrain, sont de pures abstractions de l'esprit, des entités imaginaires qu'ils érigent en axiomes pour le besoin de leurs hypothèses biologiques (1).

(1) Il y a un écueil opposé contre lequel viennent se heurter beaucoup de bons esprits qui, à force de concentrer toutes leurs facultés à constater des différences spécifiques parmi les fossiles d'une classe, d'un ordre, d'une famille, dans un terrain, et les petits faits stratigraphiques d'une localité, n'en sont pas plus aptes à saisir les lois qui régissent l'ensemble.

« XIV. Enfin la substitution de la théorie de la *variabilité li-*
« *mitée* à l'hypothèse de la fixité rend nécessaire une nouvelle « définition de l'espèce. Pour nous rapprocher le plus possible « des définitions les plus usitées, et en ne considérant pour le « moment que l'ordre actuel des choses, nous dirons : L'espèce « est une collection ou une suite d'individus *caractérisés par* « *un ensemble de traits distinctifs, dont la transmission est* « *naturelle, régulière et définie dans l'ordre actuel des* « *choses.* » La suppression des cinq derniers mots rend la définition applicable à tous les temps.

Ce que nous venons de rappeler suffit pour faire comprendre l'ordre d'idées dans lequel entre Isidore Geoffroy Saint-Hilaire et le genre de preuves sur lequel il les appuie. Sous le point de vue paléontologique, ces preuves nous semblent n'avoir rien qui puisse éclaircir aucune des questions importantes de l'histoire biologique de la terre.

Après avoir énuméré les motifs puisés, comme toujours, dans les résultats de la domestication, il dit, dans sa conclusion générale (1) : « Les caractères des êtres organisés ne « sont fixes qu'autant que les circonstances extérieures restent « les mêmes ; si elles changent, et selon le sens et le degré des « changements qu'elles subissent, l'organisation se modifie, et « il se produit de nouveaux caractères dont la valeur peut être « spécifique et plus que spécifique. »

Or, c'est là ce qu'il nous a été impossible de reconnaître, ainsi que nous l'avons déjà dit et bien que l'auteur continue avec une assurance qui fait honneur à sa conviction : « Qu'est-ce « donc que le principe si longtemps affirmé de la fixité du type, « de l'immutabilité de l'espèce? Nous disions au commence- « ment de ce livre : « Ce prétendu principe n'est qu'une hypo- « thèse ; » nous sommes maintenant en droit d'ajouter : « Cette « hypothèse est erronée, » etc.

Les faits allégués n'ont rien de nouveau, et nous pensons que

(1) *Hist. nat. gén.*, etc., vol. III, p. 517, 1862. Cette fin du volume a été imprimée après la mort de l'auteur.

les conséquences déduites sont loin d'avoir l'importance que le savant auteur leur attribuait. L'objection de Cuvier relative à l'influence exceptionnelle de la domestication, qui ne peut ici servir de preuve, nous paraît avoir toujours la même force, aujourd'hui comme il y a quarante ans, et cela malgré les tentatives de toutes sortes sur lesquelles on s'est appuyé récemment encore et dont nous aurons occasion de parler tout à l'heure.

Nous n'avons pas voulu rompre l'ordre des idées sur la mutabilité des êtres, de plus en plus atténuées depuis de Lamarck jusqu'à I. Geoffroy Saint-Hilaire; mais nous devons, avant de passer aux travaux les plus récents publiés dans cette direction, mentionner quelques opinions émises en sens opposé ou plus ou moins différentes.

C. Duméril, Strauss. Ainsi, C. Duméril, le premier collaborateur de Cuvier, comprenait l'espèce comme une race d'individus semblables qui, sous un nom collectif, se continuent et se propagent identiquement les mêmes (1). Dans sa *Théorie de la nature*, M. Strauss dit : « Il est certain que les hommes, aussi bien que les divers « animaux, sont toujours restés ce qu'ils ont été, et le sont en- « core de nos jours sans la moindre différence (2). » De Blainville caractérisait l'espèce « l'individu répété et continué dans « le temps et dans l'espace. » P. de Candolle disait en 1813 : « La collection de tous les individus qui se ressemblent plus « entre eux qu'ils ne ressemblent à d'autres, qui peuvent, par « une fécondation réciproque, produire des individus fertiles et « qui se reproduisent par la génération, de telle sorte qu'on peut, « par analogie, les supposer tous sortis originairement d'un « seul individu, telle est l'idée essentielle de l'espèce (3). » Cette définition est implicitement admise par Adrien de Jussieu (4) et

(Marginal notes: De Blainville. — P. de Candolle. — A. de Jussieu.)

(1) *Ichthyologie analytique*, (*Mém. de l'Acad. des sciences*, vol. XXVII 1re partie, p. 78 ; 1856).
(2) Vol. II, p. 343 ; 1852.
(3) *Théorie élémentaire de botanique*, in-8, p. 157 ; 1813.
(4) *Cours élémentaire d'hist. natur.*, p. 378 ; 1848.

A. Richard. Alph. de Candolle.

par Ach. Richard (1). M. Alph. de Candolle (2) rappelle la définition de l'espèce qu'a donnée son père dans sa *Physiologie végétale*, et en présente une autre qui, par son étendue et les quatre termes qui la composent, est plutôt un résumé des caractères essentiels de l'espèce qu'une véritable définition. Plus récemment il a dit à ce sujet : « Dans l'état actuel de la science, « il n'est pas plus facile de définir l'espèce que le genre ou la « famille. Toutes les définitions données sont inapplicables ; la « plus mauvaise de toutes est celle de Linné (3)... » Cependant, il pense que le nom d'*espèce*, tout arbitraire qu'il est, doit encore être conservé dans le sens que lui attribuait l'illustre Suédois.

G. Bronn. Chevreul. Milne Edwards. De Quatrefages. Flourens, Deshayes.

Nous trouverions chez les naturalistes étrangers, entre autres chez G. Bronn, des définitions analogues. « L'espèce, dit « ce dernier, est la réunion de tous les individus de même ori- « gine et de ceux qui leur sont aussi semblables qu'ils le sont « entre eux (4). » En France, M. Chevreul ne se prononce pour l'immutabilité de l'espèce que relativement à l'époque actuelle. « Si l'opinion de la mutabilité des espèces, dit-il, dans les cir- « constances différentes de celles où nous vivons, n'est point « absurde à nos yeux, l'admettre en fait pour en tirer des con- « séquences, c'est s'éloigner de la méthode expérimentale, qui « ne permettra jamais d'ériger en principe la simple conjec- « ture (5). » M. Milne-Edwards donne le nom d'espèce à la

(1) *Précis de botanique*, vol. II, p. 4 ; 1852.

(2) *Géographie botanique raisonnée*, vol. II, p. 1072 ; 1855.

(3) *Étude sur l'espèce à l'occasion d'une révision de la famille des cupulifères* (*Arch. Bibl. univ. de Genève*, nov. 1862, p. 66).

(4) *Handbuch der Geschichte der Natur*, vol. III, p. 63. Stuttgart, 1842-49. — *Voy.* aussi *Untersuchungen über die Entwickelung der organischen Welt*, in-8, p. 228. Stuttgart, 1858. — L'auteur, expliquant le sens dans lequel il comprend la définition de Cuvier, réunit dans une seule espèce tous les individus de temps différents qui seraient mis ensemble sans difficulté s'ils étaient contemporains.

(5) *Rapport sur l'ampélographie*, etc., (*Mém. Soc. r. d'agric.*, p. 287 ; 1846. — *Journ. des Savants*, p. 715 ; 1840).

réunion des individus qui se reproduisent entre eux avec les mêmes propriétés essentielles (1); et, pour M. de Quatrefages, « l'espèce est l'ensemble des individus plus ou moins semblables « entre eux, qui sont descendus ou qui peuvent être regardés « comme descendus d'une paire primitive unique par une suc- « cession ininterrompue de familles (2). » M. Flourens dit : « La fécondité continue donne l'*espèce;* la fécondité bornée « donne le *genre*, le genre est la limite de la parenté (3). » Enfin, suivant M. Deshayes, dont la compétence ne peut être récusée, « l'espèce est une réunion d'individus semblables, des- « cendus de parents identiques avec eux, et séparés des autres « par des caractères organiques d'une constance absolue. Si, à « côté des caractères d'une constance absolue, on en rencontre « d'autres qui jouissent d'une certaine variabilité, c'est d'après « ceux-là que seront établies les *variétés* (4). »

§ 2. Derniers représentants des opinions opposées sur l'espèce.

Pour terminer ce que nous avions à dire sur l'espèce et sur la double question de sa fixité ou de sa variabilité, il nous reste à examiner deux ouvrages importants, qui ont paru simultanément en 1859, l'un à Londres et l'autre à Paris. Le premier, dû à M. Ch. Darwin, eut un grand retentissement, fut traduit dans plusieurs langues et eut plusieurs éditions en peu de temps; le second, écrit par M. Godron, fut moins heureux et passa presque inaperçu pour beaucoup de personnes. A quoi était due la différence de ces destinées? Est-ce parce que l'auteur anglais, depuis

(1) *Éléments de Zoologie*, p. 224; 1834.

(2) *Unité de l'espèce humaine*, p. 54; 1861.

(3) *Ontologie naturelle ou étude philosophique des êtres*, p. 14; 1861. — La géologie et la paléontologie ne pourraient admettre ce que dit plus loin l'auteur, que *l'espèce est de soi impérissable, éternelle*, ibid., p. 19.

(4) *Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris* Introduction, vol. I, p. 47; 1860.

longtemps connu par de grands voyages, par des livres d'un haut mérite et d'un vif intérêt scientifique, a émis et développé une de ces idées qui frappent les esprits faciles à s'éprendre de ce qui semble nouveau, tandis que le savant français, botaniste distingué, mais dont le nom était peu répandu en dehors de sa spécialité, s'était imposé la tâche modeste de réunir et de discuter un vaste ensemble de preuves à l'appui d'une opinion ancienne, adoptée par le plus grand nombre des naturalistes? C'est ce qui est au moins probable, mais qu'il serait inutile de chercher à approfondir ici.

EXAMEN DU LIVRE DE M. DARWIN.

Nous commencerons par l'ouvrage de M. Darwin, intitulé : *De l'origine des espèces ou des lois du progrès chez les êtres organisés* (1). Il devra nous arrêter assez longtemps, parce que les motifs accumulés pour prouver la variabilité de l'espèce sont toujours beaucoup plus nombreux que ceux invoqués à l'appui de l'opinion contraire. Celle-ci n'a besoin que de l'exposition des faits ordinaires et d'une simple hypothèse pour l'expliquer, tandis que celle-là doit avoir recours à une multitude de faits d'ordres différents, d'interprétations, de recherches, d'expérimentations même plus ou moins compliquées.

En outre, le succès que le livre a obtenu, surtout en Angleterre, nous oblige de l'examiner sérieusement pour nous rendre compte des causes et de la légitimité de son succès, pour savoir jusqu'à quel point l'hypothèse sur laquelle il repose doit être regardée comme fondée, ce qu'elle explique et ce qu'elle n'explique pas, si elle est nouvelle ou non, si l'auteur en déduit toutes les conséquences qu'elle comporte et si celles-ci à leur

(1) *On the origin of species by means of natural selection*, etc., un vol. in-8. Londres, 1859. — 3e éd., 1861. Traduction française par mademoiselle Cl. Aug. Royer, avec une préface et des notes du traducteur, in-8. Paris, 1862.

tour découlent logiquement des faits, si le point de départ est nettement établi et si la pensée est complète, si en un mot la question biologique a été envisagée sous toutes ses faces dans l'espace et dans le temps (1).

Nous suivrons, dans cette étude critique d'un livre remarquable à beaucoup d'égards, la traduction française fort élégante qu'en a donnée mademoiselle Clémence-Auguste Royer sur la 3e édition, ce qui rendra la vérification de nos appréciations plus facile au lecteur et nous permettra de tenir compte de plusieurs des savantes annotations que le traducteur y a ajoutées. Nous avons, d'ailleurs, dans les citations, vérifié l'interprétation du texte et reproduit quelquefois celui-ci pour plus de certitude.

Notice historique. — Auteurs divers.

Dans une *Notice historique sur l'origine des espèces*, M. Darwin rappelle d'abord les opinions récemment émises et plus ou moins en rapport avec la sienne, telles que celles de Lamarck et d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire en France, puis, en Angleterre, celles de W. Herbert, qui, en 1822, déduisait d'expériences sur les végétaux que les espèces ne sont que des classes supérieures de variétés plus permanentes, de Grant, en 1826, qui, dans un mémoire sur les Spongilles, admettait que chaque espèce descend d'autres espèces et qu'elles se perfectionnent par des modifications successives, de Patrick Matthew, qui publia en 1831 des idées plus voisines des siennes que toutes les autres, de Rafinesque, pour qui, en 1836, les espèces végétales ont été d'abord des variétés et beaucoup de variétés sont en voie de devenir des espèces, puis de MM. J. J. d'Omalius-d'Halloy, Freke, Herbert Spencer, Naudin, de Keyserling, Schaffhausen, Baden Powell, Wallace, Huxley, Hooker, etc., etc., en tout trente auteurs qui admettraient la variabilité de l'espèce

(1) Nous sommes d'autant plus engagé à cet examen que ce que nous avons lu sur ce livre, soit dans les *journaux*, soit dans les *revues*, soit dans des ouvrages plus sérieux, est tellement superficiel et dépourvu de critique, qu'il serait impossible de s'en faire même une faible idée, d'après de semblables articles.

ou qui contesteraient l'hypothèse des créations indépendantes. Sur ce nombre, 25 ont écrit sur les diverses branches des sciences naturelles, et parmi eux se trouvent 3 géologues, 9 botanistes et 13 zoologistes.

(Page XIX.) « J'ai toujours dû reconnaître, dit plus loin « M. Darwin, que l'étude des variations survenues à l'état do-« mestique, quelque incomplète qu'elle soit, est encore notre « meilleur et notre plus sûr guide. Je suis donc profondément « convaincu que de telles études sont de la plus haute valeur, « quoiqu'elles aient été très-communément négligées par les « naturalistes. »

Nous ferons remarquer d'abord qu'il s'en faut de beaucoup que cette étude ait été négligée, comme le croit l'auteur. Les naturalistes qui se sont occupés de cette question, depuis Buffon jusqu'aux deux Geoffroy Saint-Hilaire, se sont toujours appuyés sur des exemples pris dans les résultats de la domestication, et c'est précisément ce que Cuvier leur reprochait il y a quarante ans et ce sur quoi nous nous permettrons encore d'insister après ce grand maître.

Prétendre expliquer les faits, ou, si l'on veut, les mystères que la nature nous dérobe, par des analogies déduites des résultats que l'homme a obtenus par le hasard, par son industrie ou par son caprice, pour son utilité ou son agrément; chercher à interpréter les lois de la nature, en dehors de la nature elle-même, par des actes qui la font dévier si manifestement de ses véritables voies; supposer qu'elle procède, ainsi que le disait G. Bronn avec son bon sens spirituel, comme un jardinier qui choisit ses variétés, les reproduit et les modifie encore, etc., n'est-ce pas s'en faire une étrange idée, peu digne, suivant nous, de l'immensité de l'œuvre et de la puissance du Créateur, car, quoi qu'on en dise, il faut toujours remonter jusqu'à un principe qui ordonne et qui crée.

Chap. I. — Variations des espèces à l'état domestique.

Comme on devait s'y attendre d'après ces prémices, le premier chapitre de l'ouvrage est consacré aux *variations des espèces à l'état domestique*. Les divers raisonnements de M. Darwin sur les races domestiques ne peuvent rien prouver, puisque ces

races se fécondent, et, en définitive, il dit (p. 38) : « Pour la « plupart de nos plantes les plus anciennement cultivées et de « nos animaux domptés déjà depuis de longs siècles, il est im- « possible de décider définitivement s'ils descendent d'une ou « de plusieurs espèces sauvages. » Ainsi, le passé de la domestication déjà ne nous apprend rien.

Bien que l'origine de la plupart des espèces d'animaux domestiques lui paraisse douteuse, il est arrivé à cette conviction que « plusieurs espèces sauvages de canides ont été domptées, « et que leur sang plus ou moins mêlé coule dans les veines de « nos nombreuses races domestiques. »

On peut se demander ici pourquoi M. Darwin n'a pas d'abord traité du seul caractère spécifique réellement rationnel, la *fécondité continue?* Or, si ces espèces de chiens sauvages ont pu s'accoupler et donner des produits féconds, c'est que ce n'étaient pas réellement des espèces distinctes. Ou bien, si l'auteur croit connaître de meilleurs caractères, il aurait dû commencer par nous les indiquer, sans quoi nous pourrions taxer ses distinctions d'arbitraires. Discourir sur l'espèce, prétendre en tracer l'origine et ne point la définir, la caractériser, dire à quoi on la reconnaît, c'est s'exposer à être mal compris et à être mal jugé.

Relativement à l'origine du Mouton et de la Chèvre, il déclare n'avoir pas d'opinion arrêtée ; il croit que le Zèbu de l'Inde peut descendre d'un autre type que le Bœuf d'Europe ; mais toutes les races de Chevaux proviendraient d'une même souche naturelle. Toutes les variétés de Poules proviendraient du Coq d'Inde commun (*Gallus bankiva*) ; les Canards et les Lapins descendraient aussi du Canard sauvage et du Lapin commun. Les Pigeons viennent tous du Pigeon de roche (*Columba livia*) et de sous-espèces géographiques ; mais l'auteur discute l'hypothèse qu'ils ont pu provenir de sept ou huit espèces différentes ; il montre une érudition profonde relativement à ce sujet sur lequel il a fait de nombreuses expériences et auquel il revient, d'ailleurs, dans presque tous les chapitres de son ouvrage ; il nous apprend même, pour nous convaincre de sa spé-

cialité en cette matière, qu'il a fait partie de deux *Pigeon-clubs* de Londres. En résumé, on n'a aucune preuve expérimentale ni historique pour ou contre, et il suffirait de la fécondité continue de nos diverses races de Pigeons domestiques pour dire qu'elles proviennent toutes d'une seule et même espèce.

Ce que dit M. Darwin (p. 52) des procédés employés par l'homme et des résultats cherchés dans les races domestiques est parfaitement vrai ; ici, les faits parlent et sont incontestables. Mais nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer sa naïve admiration pour le talent de l'éleveur de Pigeon. « Peu « de personnes, ajoute-t-il, croiront aisément combien il faut « de capacité naturelle et d'expérience pour devenir un habile « amateur de Pigeon ; » et plus haut : « A peine un homme sur « mille possède-t-il la sûreté de coup d'œil et de jugement né- « cessaire pour devenir un habile éleveur ! » D'où il résulte que, si ce talent était moins rare, les races de Pigeons seraient sans doute beaucoup plus nombreuses.

Le choix ou l'*élection* méthodique et l'*élection* inconsciente (1) sont ensuite examinés par M. Darwin, ainsi que l'*origine inconnue de nos productions domestiques* (p. 61), et il passe aux *circonstances favorables au pouvoir électif de l'homme* en disant (p. 66) que « la condition la plus importante, c'est que « l'animal ou la plante lui soit d'une assez grande utilité, ou « d'une assez grande valeur d'agrément, pour qu'il accorde « l'attention la plus sérieuse même aux légères déviations de « structure de chaque individu. Sans ces conditions, rien ne « peut se faire. » Ainsi, il faut une cause en dehors de la na-

(1) L'auteur se sert ici du mot *selection*, que nous traduisons avec mademoiselle Royer par *élection*, qui est plus français, *sélection* étant un néologisme introduit par Mercier, que l'Académie n'a pas adopté et dont le verbe correspondant *seligere* n'ayant jamais été proposé dans notre langue, rend l'emploi du substantif peu commode. Le sens que M. Darwin attache à ce mot n'étant expliqué et défini que dans le chap. IV, p. 116, nous devrions, pour être conséquent, ne pas l'employer ici ; mais il serait souvent difficile de rendre la pensée de l'auteur sans une périphrase, et nous préférons nous en servir dès à présent avec lui, sauf à revenir plus loin sur sa définition.

ture pour tirer partie de cette déviation, et il n'y a pas de raison, si l'on supprime cette cause qui est toute locale et pour ainsi dire d'hier, pour que le résultat se produise. Un pareil aveu n'emporte-t-il pas déjà avec soi la négation des conséquences qu'on voudrait déduire de l'effet? En outre, certains animaux domestiques sur lesquels l'action élective de l'homme ne s'est pas exercée, les Chats, les Anes, les Paons, les Oies, ayant moins varié que d'autres, il semble déjà peu rationnel d'invoquer le principe d'élection pour la nature abandonnée à elle-même. Le *résumé* (p. 67) est plus négatif que positif, sauf la dernière cause, l'*action accumulée* de l'*élection*. Mais peut-on admettre que la nature produise elle-même cette action accumulée qui ne peut être et n'est, en effet jusqu'à présent, qu'un résultat provoqué pour l'avantage ou l'agrément que l'homme en retire?

Chap. II. — Variations à l'état de nature.

Dans le second chapitre, consacré aux *variations des espèces à l'état de nature*, M. Darwin considère « le terme d'espèce (p. 80) « comme arbitrairement appliqué, pour plus de commodité, à « un ensemble d'individus ayant entre eux de grandes ressem- « blances, mais qu'il ne diffère pas essentiellement du terme de « variété donné à des formes moins distinctes et plus variables. « De même le terme de variété, en comparaison avec les diffé- « rences purement individuelles, est appliqué non moins arbi- « trairement et encore par pure convenance de langage. » Nous verrons plus loin si l'auteur est parvenu à trouver une expression plus vraie et plus complète de ce que l'on doit entendre par *espèce* et par *variété*.

En s'occupant des *espèces dominantes ou communes très-répandues sur un vaste habitat*, il trouve que ce sont elles qui varient le plus, et, ensuite, que les espèces des plus grands genres varient partout davantage que celles des genres moins riches. De ce que, pour lui, les espèces ne sont que des variétés bien tranchées et bien définies, il déduit aussi cette proposition (p. 83) :.... « partout où un grand nombre d'espèces étroitement « liées, c'est-à-dire du même genre, ont été formées, beaucoup « de variétés ou espèces naissantes doivent, en règle générale, « être actuellement en voie de formation. » Ce qui suit est peu

concluant ; aussi, en résumé dit-il (p. 88), « les variétés ne peu« vent-elles, avec certitude, se distinguer des espèces, excepté : « 1° par la découverte de formes intermédiaires ; 2° par une cer« taine somme de différences, car deux formes qui ne diffèrent « que très-peu sont généralement rangées comme variétés, lors « même que des liens intermédiaires n'ont pas été découverts ; « mais la somme de différence, considérée comme nécessaire « pour donner à deux formes le rang d'espèce, est complète« ment indéfinie. » *But the amount of difference considered necessary to give to two forms the rank of species is quite indefinite.* Alors l'espèce est donc indéfinie elle-même? Et tout le raisonnement aboutit à une négation mal dissimulée !

Chap. III. — Concurrence vitale.

Ce que M. Darwin nomme, dans son troisième chapitre, *Concurrence vitale* est ce que nous croirions mieux désigné par l'expression d'*équilibre des forces vitales d'où résulte l'harmonie de la nature*. Quoi qu'il en soit, l'*élection naturelle* est, pour lui, « le principe qui conserve chaque variation légère, à « condition qu'elle soit utile, afin de faire ressortir son analogie « avec le pouvoir d'élection de l'homme (p. 92)... » Il en conclut que, « de même que toutes les œuvres de la nature sont « infiniment supérieures à celles de l'art, l'action naturelle est « nécessairement prête à agir avec une puissance incommen« surablement supérieure aux faibles efforts de l'homme. »

Conclure de l'action de l'homme à celle de la nature, c'est évidemment, quelque distinction que l'on fasse relativement à la différence d'intensité de l'effet, renverser la question contrairement à la nature elle-même. Que l'homme cherche à modifier celle-ci, il y a un but particulier ; mais supposer que la nature emploie des moyens analogues pour une fin générale de son œuvre, c'est une hypothèse qui sera difficilement admise par quiconque y réfléchira.

En traitant de la *progression géométrique d'accroissement*, l'auteur fait remarquer, ce que l'on conçoit d'ailleurs à première vue, que, sans des causes de limitation naturelle, une espèce donnée acquerrait bientôt une prédominance très-prononcée sur toutes les autres et tendrait à les faire disparaître. Mais

le calcul fait pour l'Éléphant n'est pas exact; dans la supposition de 3 couples ou de 6 individus dans un laps de 90 ans, et suivant la même proportion pendant 500 ans, ou plutôt pendant 6 fois 90 ans, ou 540 années, on aurait 729 couples ou 1458 individus. Il y a loin de ce chiffre au *quinze millions* de l'auteur. D'un autre côté, l'expression de *progression géométrique* ne peut être appliquée à cet ordre de considérations; la progression de l'accroissement variant, à l'infini, depuis l'homme jusqu'aux animaux les plus inférieurs, elle ne peut être comprise sous une formule générale, mathématique quelconque, et ce n'est pas plus en réalité une progression géométrique qu'une progression arithmétique.

Après avoir considéré le rapide accroissement des plantes et des animaux naturalisés, les effets du climat, la protection provenant du grand nombre des individus, les rapports complexes des êtres organisés dans la nature et la lutte qui s'établit entre les individus de même espèce et les espèces d'un même genre, l'auteur dit (p. 112) : « La pensée de ce combat universel est « triste; mais, pour nous consoler, nous avons la certitude que « la guerre naturelle n'est pas incessante, que la peur y est « inconnue, que la mort est généralement prompte, et que ce « sont les êtres les plus vigoureux, les plus sains et les plus heu- « reux qui survivent et qui se multiplient. »

Ainsi la loi du plus fort et le fatalisme seraient les deux éléments essentiels qui concourent à l'équilibre et à l'harmonie de la nature organique. Quant à la guerre naturelle, elle est, au contraire, incessante, puisque la vie des carnassiers n'est qu'à cette condition; la peur existe bien, quoiqu'en dise M. Darwin, chez les animaux destinés à devenir la proie des autres auxquels ils tâchent d'échapper par tous les moyens dont ils sont doués, et quant à la promptitude de la mort, ce n'est pas assez vrai pour qu'on puisse supposer l'absence de douleur. En outre, il devrait résulter de ce choix, de cette élection inconsciente, un perfectionnement continu et indéfini dans la force, la beauté, les facultés vitales ou de résistance à la destruction, et, par conséquent aussi, un prolongement dans la

durée de la vie. Mais les données paléontologiques ou l'examen des flores et des faunes successives, qui pourraient nous en fournir quelques preuves, sont loin de justifier ces élégantes fictions. Pour la nature actuelle, on conçoit qu'il est beaucoup plus difficile d'y rencontrer la confirmation du principe de l'auteur.

Ce principe ou mieux cette hypothèse est développée dans le chapitre IV ; c'est l'*Élection naturelle* ou loi de conservation des variations favorables et d'élimination des déviations nuisibles (p. 116). Nous venons de dire qu'elle semblait devoir en être la conséquence. Chap. IV. — Élection naturelle

« Pour que les grandes modifications se produisent dans « la série des siècles, continue M. Darwin (p. 121), il faut « qu'une variété, après s'être une fois formée, varie en- « core, bien que, peut-être, au bout d'un long intervalle d'an- « nées, et que celles d'entre ces variations qui se trouvent « avantageuses soient encore conservées, et ainsi de suite. » On conçoit, jusqu'à un certain point, que l'élection se produise une fois, deux fois, peut-être trois ; mais si c'est une loi, ce n'est pas l'effet d'une circonstance fortuite ; elle ne peut pas cesser de se manifester durant tout le cycle que la forme est destinée à parcourir ; d'où résulte encore, comme conséquence forcée, le perfectionnement indéfini. Ce qui suit, relatif à l'*élection sexuelle*, devrait avoir la même fin. Mais c'est en vain que nous regardons autour de nous, que nous plongeons nos regards dans le passé, nous n'y pouvons apercevoir ce que l'on appellerait, tout aussi bien, une *loi du progrès*, expression dont on s'est déjà servi, qu'une *loi d'élection*, puisque l'une est la conséquence de l'autre.

Pour mieux faire comprendre la pensée de l'auteur, citons quelques exemples d'*élection naturelle* (p. 128). « Supposons, « dit-il, une espèce de Loup, se nourrissant de divers animaux, « s'emparant des uns par ruse, des autres par force et des autres « par agilité ; supposons encore que sa proie la plus agile, le « Daim, par exemple, par suite de quelques changements dans « la contrée, se soit accru en nombre, ou que ses autres proies

« aient, au contraire, diminué pendant la saison de l'année où « les Loups sont le plus pressés de la faim. En de pareilles cir- « constances, les Loups les plus vites et les plus agiles auront « plus de chances que les autres de pouvoir vivre. Ils seront ainsi « protégés, élus, pourvu toutefois qu'avec leur agilité nouvelle- « ment acquise ils conservent assez de force pour terrasser leur « proie et s'en rendre maîtres, à cette époque de l'année ou à « toute autre, lorsqu'ils seront mis en demeure de se nourrir « d'autres animaux. » «..... Sans même supposer aucun chan- « gement dans les nombres proportionnels des animaux dont « notre Loup fait sa proie, un louveteau peut naître avec une « tendance innée à poursuivre de préférence certaine espèce. » « ..... Si donc quelque légère modification d'habitudes innées « ou de structure est individuellement avantageuse à quelque « Loup, il aura chance de survivre ou de laisser une nombreuse « postérité. Quelques-uns de ses descendants hériteront proba- « blement des mêmes habitudes ou de la même conformation, « et, par l'action répétée de ce procédé naturel, une nouvelle « variété peut se former et supplanter l'espèce mère ou coexis- « ter avec elle. »

Les exemples pris ensuite dans le règne végétal montrent l'action intermédiaire des insectes venant féconder certaines espèces par le transport du pollen, dans certaines conditions plutôt que dans d'autres, et opérant ainsi des produits d'élection qui pourraient aller jusqu'à occasionner, par degré, la séparation des sexes dans certaines plantes où ils étaient d'abord réunis. Tout cela est exposé avec beaucoup d'élégance par M. Darwin; mais nous doutons qu'aucun zoologiste ou botaniste le prenne au sérieux. On y voit, d'ailleurs, une tendance vers les idées de Lamarck et de Bonnet, auxquelles on ne peut pas échapper dès qu'on admet la variabilité des types.

La généralité des croisements entre des individus de la même espèce et des circonstances favorables à l'élection naturelle conduisent M. Darwin à cette réflexion (p. 145) : « Quoique la na- « ture emploie de longs siècles à son travail d'élection, cepen- « dant elle ne laisse pas un laps de temps indéfini à chaque

« espèce pour se transformer; car tous les êtres vivants étant « obligés de lutter pour se saisir des places vacantes dans l'éco-« nomie de la nature, toute espèce qui ne se modifie pas à son « avantage, autant que ses concurrentes, doit être presque aus-« sitôt exterminée. »

Ce paragraphe nous paraît être complétement opposé à l'économie générale de la nature dont il y est question. En effet, une espèce étant donnée, on ne voit pas qu'elle soit plus parfaite, plus complète, ni plus belle dans le cours de son existence qu'au commencement. Elle se modifie, d'une manière ou de l'autre, suivant le temps et les lieux, dans des limites que les botanistes et les zoologistes pratiques savent apprécier; mais ce n'est pas nécessairement dans le sens d'un perfectionnement, d'une plus grande force ou d'une plus grande beauté. L'examen d'une espèce quelconque, observée non pas aujourd'hui, parce que nous ne disposons pas d'assez de siècles de recherches pour cela, mais dans les temps géologiques, montre, au contraire, soit le développement, en quelque sorte spontané, d'un type qui cesse aussi brusquement, soit un développement graduel et une atténuation également graduelle précédant l'extinction de ce type; or, si le principe était vrai, n'est-ce pas dans les bassins géologiques les mieux étudiés que nous devrions en trouver la confirmation? De plus, à quelque moment qu'on étudie l'histoire biologique de la terre, on trouve toujours, autant que les circonstances l'ont permis, des êtres forts et des êtres faibles dans des proportions harmoniques d'équilibre; et dire qu'*une espèce qui ne se modifie pas à son avantage autant que ses concurrentes doit être presque aussitôt exterminée*, c'est parler en éleveur d'animaux domestiques bien plus qu'en naturaliste philosophe; car c'est dire que la nature a fait sciemment une chose inutile, créé un être collectif qui n'était pas suffisamment organisé pour se perpétuer; bien entendu qu'il ne peut être ici question d'individus mal conformés.

M. Darwin trouve, dans les modifications plus ou moins fréquentes des formes et de l'étendue des terres émergées ou immergées, des causes favorables à l'élection de certains types et

à l'extinction de certains autres. Beaucoup de formes inférieures, dit-il, ont dû s'éteindre. S'il en avait été réellement ainsi, il ne devrait rester, depuis longtemps, que des formes choisies, élues, privilégiées par les circonstances; mais, aujourd'hui comme toujours, et cela dans toutes les classes, il y a des déshérités de M. Darwin, qui ne paraissent pas pour cela s'en porter plus mal, et qui, grands ou petits, forts ou faibles, beaux ou laids, continuent à vivre nonobstant ses proscriptions.

(P. 150.) Il suppose aussi que l'élection naturelle agit lentement, et il ajoute que son action « dépend des places vacantes « qui peuvent se présenter dans l'économie de la nature ou qui « seraient mieux remplies si les habitants de la contrée subis- « saient quelques modifications. » Ainsi la *loi de conservation des variations favorables et d'élimination des déviations nuisibles* doit actuellement attendre, pour manifester son effet, qu'il y ait une place vacante dans la série zoologique ou botanique de la localité, absolument comme se font les nominations aux places vacantes dans nos administrations; encore M. Darwin n'admet-il pas de *surnuméraires*.

Mais, continue-t-il, l'action élective est encore plus étroitement subordonnée aux lentes modifications subies par quelques-uns des habitants de la contrée, parce que les relations mutuelles de presque tous les autres en sont troublées. On comprendrait cette perturbation, si le résultat de l'élection était de changer un herbivore en un carnassier, un frugivore en un insectivore, et *vice versa*, mais une simple altération, comme nous avons vu M. Darwin l'admettre dans l'exemple supposé du Loup, ne semble pas devoir troubler beaucoup les habitudes des autres habitants de la contrée. Il est vrai que dans la phrase suivante l'auteur va beaucoup plus loin dans les conséquences de son hypothèse première. Nous la reproduisons, parce qu'elle est un premier pas, fait au delà de ses prémisses, vers les hypothèses extrêmes de la fin de son ouvrage. (P. 151.) «..... Je « ne puis concevoir aucune limite à la somme des changements « qui peuvent s'effectuer dans le cours successif des âges par le

« pouvoir électif de la nature, de même qu'à la beauté ou à la « complexité infinie des mutuelles adaptations des êtres orga- « niques, les uns par rapport aux autres et par rapport à leurs « conditions physiques d'existence. »

Quant à l'extinction des espèces, il ne devrait y avoir que les faibles qui se soient éteintes, et même, pour être conséquent, il ne devrait plus y en avoir depuis longtemps ; aussi l'auteur dit-il que généralement les formes les moins favorisées décroissent et deviennent de plus en plus rares. Non-seulement les données paléontologiques ne justifient pas cette assertion, mais encore, à certains égards, nous savons que la proposition inverse serait plutôt la vraie.

(P. 153.) *De la divergence des caractères dans ses rapports avec la diversité des habitants de chaque station limitée et avec la naturalisation.* Sous ce titre, M. Darwin revient à son thème favori : l'action des éleveurs d'animaux domestiques, particulièrement de Chevaux et de Pigeons, pour obtenir telle ou telle qualité dans le produit, au bout d'un certain nombre de générations. Il croit avoir trouvé dans la nature un résultat comparable ; mais l'exemple qu'il cite n'est qu'une supposition générale, une simple abstraction, qu'il n'applique à aucun animal ni à aucune plante en particulier.

En traitant *des effets d'élection naturelle sur les descendants d'un parent commun, résultant de la divergence des caractères et des extinctions d'espèces*, le même savant cherche à rendre compte, au moyen d'un tableau synoptique, des résultats de l'application de son idée jusqu'à la dix millième génération, et même jusqu'à la quatorze millième. On voit que s'il appliquait, par exemple, ce calcul au genre Éléphant, on aurait déjà à considérer une période de quatre cent vingt mille ans. La section suivante : *De l'élection naturelle*, qui rend compte du groupement des êtres organisés, est la continuation de la même supposition.

(P. 172.) *Du progrès organique.* Ici, M. Darwin accepte les conséquences de son principe. « Elle (l'élection naturelle) a « pour résultat final que toute forme vivante doit devenir de

« mieux en mieux adaptée à ses conditions d'existence. Or, ce « perfectionnement continuel des individus organisés doit inévi-« tablement conduire au progrès général de l'organisme parmi la « majorité des êtres vivants répandus à la surface de la terre. »

Mais, dans ce qui suit, il est loin de le prouver; il semble même reculer devant la difficulté du problème dont il remet la discussion au chapitre où il traitera de la géologie, et où nous verrons que la solution est également éludée.

(P. 174.) Il reconnaît ici que la persistance des formes inférieures est peu compatible avec son hypothèse, et que de Lamarck était logique en supposant la formation continue d'êtres inférieurs par voie de génération spontanée; mais, ajoute-t-il (p. 175) : « L'élection naturelle n'implique aucune loi néces-« saire et universelle de développement et de progrès; elle « se saisit seulement de toute variation qui se présente lors-« qu'elle est avantageuse à l'espèce ou à ses représentants par « rapport à leurs relations mutuelles et complexes, » etc. Ce passage et tout le reste de l'alinéa sont en contradiction manifeste avec ce qui vient d'être dit *du progrès organique* comme de l'*absence de limite à la somme des changements qui peuvent s'effectuer dans le cours successif des âges par le pouvoir électif de la nature*. Ce n'est plus actuellement un fait général, ce n'est plus une loi, ce n'est qu'une circonstance fortuite. La proposition, loin de s'élever à la hauteur d'une théorie biologique, se trouve réduite à une exception dans l'ordre normal.

L'hétérogénéité et l'extrême complexité des résultats auxquels arrive l'auteur par l'application de son idée deviennent encore plus évidentes dans le passage suivant (p. 177) : « Bien « qu'en somme, dit-il, le niveau supérieur de l'organisation se « soit continuellement élevé et s'élève encore dans le monde, « cependant l'échelle présentera toujours tous les degrés possi-« bles de perfection. Car les progrès de certaines classes tout « entières ou de certains membres de chaque classe ne condui-« sent pas nécessairement à l'extinction des groupes avec les-« quels ils n'entrent pas en concurrence. Enfin, en quelques « cas, ainsi que nous le verrons autre part, des organismes in-

« férieurs semblent s'être perpétués jusqu'aujourd'hui, seule-« ment grâce à ce qu'ils ont toujours habité des stations parti-« culières, complétement isolées, où ils ont été soumis à une « concurrence moins vive et où ils n'ont existé qu'en petit « nombre, ce qui a retardé pour eux les chances de variations « favorables, ainsi que nous l'avons déjà vu autre part. »

Or, chacun sait que les organismes inférieurs sont les plus répandus dans la nature; que, dans l'air, dans l'eau et dans les parties les plus superficielles de la terre, il n'y a pas un décimètre cube qui en soit privé ; qu'ils constituent, par leur prodigieuse accumulation, le fond des mers et des lacs. On ne voit donc pas pourquoi M. Darwin, qui, lui-même, a jeté une si vive lumière sur la formation des îles de polypiers, prive tous ces organismes du bénéfice de l'élection. Peut-être est-ce à cause de la difficulté où il se trouverait pour les remplacer, au fur et à mesure, sans avoir recours à de nouvelles créations, ce à quoi il semble répugner, bien que ce soit la conséquence logique, absolue, de l'idée de transformation et de perfectionnement.

« Mais, ajoute-t-il plus bas, la raison principale de la persis-« tance des types inférieurs, c'est qu'une organisation très-« élevée ne saurait être d'aucune utilité à des êtres destinés à « vivre dans des conditions de vie très-simple, et pourrait même « leur être nuisibles, » etc. Cependant dans l'hypothèse le changement est graduel, l'adaptation est successive ; il ne s'agit pas du passage brusque d'une famille à une autre ; on ne comprend donc pas pourquoi le principe, s'il était vrai, ne s'appliquerait pas chez les infusoires, les foraminifères, les polypiers, les radiaires, aussi bien que chez les mollusques, les crustacés et les diverses classes de vertébrés. Ainsi l'application de la loi est encore restreinte ici.

(P. 179.) Quant aux objections auxquelles le savant auteur veut bien répondre, elles sont réellement sans valeur et portent à faux, car évidemment M. Darwin ne prétend pas donner le *pourquoi* de toutes choses, et en général c'est toujours une critique faible et qui ne se pénètre pas de la pensée de l'écrivain que celle qui procède par *interrogation*. La réponse de l'auteur

sur la multiplication indéfinie des espèces est aussi fort juste ; elle est prise dans une appréciation exacte de la nature même (p. 184); quant au *résumé* qui suit (p. 186), il est nécessairement sujet aux objections que nous avons faites sur l'application générale de l'idée de l'auteur ; mais il serait difficile de trouver une expression plus élégante et plus juste à la fois de cette même idée que la comparaison qui termine le chapitre, et que cette dernière phrase résume elle-même : « Comme les bour- « geons, en se développant, donnent naissance à de nouveaux « bourgeons, et comme ceux-ci, lorsqu'ils sont vigoureux, « végètent avec force et dépassent de tous côtés beaucoup de « branches plus faibles, ainsi, par une suite de générations non « interrompues, il en a été, je crois, du *grand arbre de la vie* « qui remplit les couches de la terre des débris de ses branches « mortes et rompues, et qui en couvre la surface de ses ramifi- « cations toujours nouvelles et toujours brillantes. »

Chap. v. — Lois de variabilité.

(P. 191.) M. Darwin, en traitant des *lois de la variabilité*, accorde peu d'importance à l'action directe des conditions extérieures de la vie, peut-être parce que de Lamarck et Ét. Geoffroy Saint-Hilaire dont il tient à se séparer, lui en accordaient beaucoup; aussi les réflexions du savant traducteur nous paraissent-elles fort justes. Quant aux *effets de l'usage ou du défaut d'exercice des organes*, il est difficile, lorsqu'on en traite à ce point de vue, de ne pas se rapprocher un peu des fantaisies de de Maillet.

L'*acclimatation*, les *corrélations de croissance*, la *compensation et l'économie de croissance*, les *organes multiples*, *rudimentaires ou de structure imparfaite qui sont très-variables* (p. 213), sont des sujets dont on conçoit que l'auteur du livre dont nous nous occupons cherche à tirer parti. Il remarque (p. 222) que les caractères spécifiques sont plus variables que les caractères génériques ; et, en considérant que les espèces ne sont que des variétés mieux marquées et plus fixes, les parties qui ont déjà varié sont celles qui continueront à varier à l'avenir (p. 224). D'ailleurs, suivant l'hypothèse, toutes les espèces du même genre descendant d'un parent commun, on doit s'attendre à les

voir souvent varier d'une manière analogue (p. 232). En outre, les variétés d'une espèce assument les caractères d'une espèce alliée ou reviennent à d'anciens caractères perdus. Les exemples à l'appui sont empruntés à l'élevage des Pigeons, sujet que l'auteur affectionne particulièrement, et à celui des Chevaux. « Quant « à moi, dit-il (238), j'ose en toute confiance remonter en ima- « gination des milliers de mille générations dans la suite des « temps écoulés, et je vois le parent commun des races diverses « de notre Cheval domestique dans un animal rayé comme un « Zèbre, mais peut-être d'une organisation très-différente sous « d'autres rapports, que du reste il descende ou non d'une ou « de plusieurs souches sauvages telles que l'Hémione, l'Ane, le « Quagga ou le Zèbre, » induction qui ne semble pas très-rigoureuse, comme le fait remarquer le traducteur, et qui fait voir en outre que l'auteur revient à des idées beaucoup plus tranchées que celles qu'il avait émises en quelque sorte en passant (p. 175). Tout le reste de son livre proteste contre ces idées, et cela d'autant plus qu'on s'avance vers la fin.

Chap. VI. — Difficultés de la théorie.

(P. 244.) Abordant ce qu'il appelle les *difficultés de sa théorie*, M. Darwin se propose de résoudre les deux suivantes : 1° comment ne trouve-t-on point les passages ou formes de transition aux espèces actuelles bien définies ; 2° comment les modifications essentielles dans les organes ont-elles pu se produire par l'élection, soit dans des organes peu importants, soit au contraire dans les organes les plus essentiels.

Mais il remet à traiter la première question au moment où il s'occupera du point de vue géologique. « Je dirai seulement « ici, ajoute-t-il, que je crois les documents apportés par cette « science beaucoup moins complets qu'on ne le suppose géné- « ralement. » Le reste du paragraphe est une simple négation. C'est, comme on le comprend, préparer pour la suite une fin de non-recevoir, les objections les plus sérieuses devant venir de ce côté.

Il passe ensuite aux *espèces* dites *représentatives*, ce qui est sortir du sujet sans répondre à la question. Dire de plus, comme le fait le traducteur (p. 247), « qu'une variété qui a

« commencé à varier varie assez rapidement et presque à cha-
« que génération, de sorte que chacune des formes transitoires
« peut n'être représentée que par quelques individus ou même
« par un seul, et qu'il suffit de la suite même des générations
« pour les exterminer sans avoir recours à la concurrence vitale
« et à l'élection naturelle, » c'est ajouter deux hypothèses qui ne sont pas plus démontrées par les faits que celle de l'auteur lui-même.

Ce dernier invoque aussi les changements survenus dans la disposition de la surface du sol, moyen qu'il faudrait également appuyer sur des faits, toujours absents, mais dont il ne se dissimule pas d'ailleurs le peu d'importance, puisqu'il dit : « Mais
« je ne m'arrêterai pas plus longtemps à ce moyen de trancher
« la difficulté, car je crois que la formation d'espèces très-
« distinctes est possible dans de vastes régions parfaitement
« continues, » conviction qui dispense de tout raisonnement comme de toute démonstration.

Nous ne voyons non plus aucune preuve directe de cette sorte d'aphorisme sur lequel il revient souvent : qu'une espèce, une variété ou encore une forme intermédiaire peu nombreuse en individus doit disparaître en peu de temps sous l'influence, la domination et l'extermination par les espèces plus répandues et plus fortes, lesquelles finiront par dominer. Ce raisonnement, tout spécieux qu'il paraisse, et quelque séduisant qu'il soit pour quelqu'un qui croit avoir surpris un des grands secrets de la nature, tombe devant les faits, car nous connaissons de nombreux exemples du contraire. Des espèces et des genres ont eu une très-longue durée dans le temps, et une très-grande extension géographique, sans que les individus aient jamais été très-nombreux, et, inversement, des types extrêmement multipliés, à un moment donné et sur des surfaces très-étendues, n'ont eu qu'une très-courte existence. Ces résultats, familiers à tous les paléontologistes stratigraphes, détruisent donc cette argumentation, qui ne repose que sur une simple abstraction et sur la même idée, encore reproduite ici (p. 251) : « Les formes les
« plus communes doivent donc toujours tendre à l'emporter

« dans le combat de la vie sur les formes moins répandues, et « conséquemment à les supplanter, parce que celles-ci ne se « seront que plus lentement modifiées et perfectionnées. »

Nous ajouterons à une remarque judicieuse du traducteur (p. 252), que l'idée de l'existence du monde biologique, reposant tout entière sur la lutte du fort et du faible et la victoire du premier sur le second, est assez triste en elle-même; on n'en aperçoit ni le but ni la nécessité, et, comme on l'a déjà dit, elle conduit à un résultat purement imaginaire, puisqu'il existe aujourd'hui certainement tout autant d'êtres faibles et inférieurs dans leur organisation qu'il a pu y en avoir à l'origine et dans tous les temps. Le plan de la nature, pour s'être compliqué avec les âges, pour s'être enrichi de nouveaux termes dans les séries animales et végétales, n'a pas changé pour cela son mode de procéder, et rien, ni dans l'un ni dans l'autre, ne justifie l'envahissement des types forts sur les faibles, sans quoi ceux-ci n'existeraient plus. En outre, les types forts, restant seuls, auraient ensuite réagi les uns contre les autres comme ils avaient d'abord réagi contre les faibles, et, en vertu du même procédé de domination et d'extinction, tout l'organisme aurait été détruit. Telle est la conséquence absolue d'une hypothèse qui ne se soutient ni en face des faits eux-mêmes ni au point de vue abstrait de la philosophie de la nature.

Au lieu de prendre des exemples directs qui ne devraient pas lui manquer, c'est très-souvent par des suppositions que M. Darwin cherche à faire saisir sa pensée. Ainsi, après avoir supposé des Moutons habitant les montagnes, les collines et les plaines, il dit que ceux des collines doivent disparaître pour laisser la place aux autres qui vivaient dans les deux régions extrêmes, de sorte que « les espèces arrivent assez vite à se dé- « finir et à se distinguer les unes des autres pour ne présenter « à aucune époque l'inextricable chaos de liens intermédiaires « et variables. » (p. 253.)

Ce qui suit relativement à la lenteur des variétés nouvelles à se former, etc., est la répétition de ce qui a déjà été dit : qu'il faut des lacunes produites par des changements de climat et

autres circonstances physiques, causes dont nous avons vu qu'on avait d'abord presque nié l'influence. Tout le reste du raisonnement ne pourrait être établi que par le secours de la paléontologie; or, comme elle ne le confirme nullement, l'auteur argue de l'insuffisance des preuves laissées dans les couches de la terre, de sorte qu'en réalité ses allégations ne reposent sur rien.

(P. 255.) En traitant des *transitions dans les habitudes*, nous le voyons s'avancer vers un système morphologique de plus en plus prononcé. « Il serait aisé de démontrer, dit-il, que dans « le même groupe il existe des animaux carnivores qui pré- « sentent tous les degrés intermédiaires entre les habitudes « véritablement aquatiques et des habitudes exclusivement ter- « restres. » Il ne voit aucune difficulté à ce qu'une espèce d'Écureuil à queue légèrement aplatie ne devienne, par suite d'élections successives, un Écureuil volant, que le Galéopithèque ou Lemur volant ne se transforme en Chauve-souris par suite de l'allongement de ses doigts palmés et de l'avant-bras, en vertu de l'élection naturelle.

Les exemples d'oiseaux qui se servent de leurs ailes, non pour voler, mais comme de rames (*Micropterus brachypterus*), de nageoires (le Pingouin), de voiles (l'Autruche), ou qui ne s'en servent pas du tout (l'Aptéryx), ne prouvent absolument rien quant à la réalité de l'hypothèse, puisqu'ils ont pu exister ainsi dès l'origine, et que rien n'établit qu'ils soient des dérivés d'autres formes (p. 259). De ce qu'il a existé des reptiles volants dans les temps anciens, les poissons volants actuels, qui se soutiennent seulement en s'élevant fort peu au-dessus de l'eau, « auraient pu être modifiés jusqu'à devenir des animaux parfai- « tement ailés. » « Il est même probable, ajoute en note le tra- « ducteur, que nos poissons volants actuels ne sont que les « débris dégénérés, en voie d'extinction, de formes autrefois « beaucoup plus nombreuses. »

Cette note, et celle de la page 287, nous font plus franchement rétrograder encore que M. Darwin, et elles rivalisent d'imagination avec le *Sixième entretien* de *Telliamed*. Elles invoquent

à l'appui de l'hypothèse des transformations quelques données de la paléontologie, prises isolément, et qui, au contraire, étudiées sérieusement et avec les connaissances nécessaires, sont tout à fait incompatibles avec les passages supposés.

(P. 260.) « Les diverses formes organiques qui ont servi de « degré de transition entre cet état de haute perfection et « un état antérieur moins parfait ne peuvent que par exception « avoir subsisté jusqu'à aujourd'hui, car elles doivent en général « avoir été toutes supplantées en vertu même du procédé de « perfectionnement par élection naturelle. » En outre, ces formes de transition ont dû être peu nombreuses par rapport à celles des espèces dont la structure est plus parfaite et mieux caractérisée ; aussi est-ce pour cela que l'on n'en rencontre pas.

(P. 263.) Les habitudes différentes parmi les individus de la même espèce et très-différentes entre les espèces proches alliées sont traitées au même point de vue que le sujet précédent, et l'auteur croit pouvoir en déduire les mêmes conséquences. Ainsi, pour les yeux, « la variabilité produira les modifications légères « de l'instrument naturel ; la génération les multipliera ainsi « modifiées presque à l'infini, et l'élection naturelle choisira avec « une habileté infaillible chaque nouveau perfectionnement « accompli. Que ce procédé continue d'agir pendant des millions « de millions d'années, et chaque année sur des millions d'in« dividus de toutes sortes, est-il donc impossible de croire qu'un « instrument d'optique vivant puisse se former ainsi jusqu'à « acquérir sur ceux que nous construisons en verre toute la « supériorité que les œuvres du Créateur ont généralement sur « les œuvres de l'homme (1) (p. 272). »

Pour la vessie natatoire des poissons, M. Darwin, après avoir cité quelques modifications très-restreintes d'ailleurs de cet organe, dit qu'on peut inférer de ce point de départ que tous « les vertébrés qui ont de vrais poumons descendent par voie

(1) Il y a dans le texte (p. 189 de la 1re éd.): *as the works of the Creator are to those of man?* le traducteur a ajouté le mot *généralement*. Est-ce pour augmenter la puissance de l'homme ou pour diminuer celle du Créateur?

« de génération normale d'un ancien prototype dont nous ne « savons rien, sinon qu'il était pourvu d'un appareil flotteur « ou vessie natatoire. »

Les organes pourvus de propriétés électriques chez certains poissons, phosphorescentes chez certains insectes, d'irritabilité chez certaines plantes, lui offrent des difficultés, sérieuses à la vérité, mais qui n'effrayent nullement l'imagination féconde du traducteur, et, de ce que Linné a dit : *Natura non facit saltum*, M. Darwin conclut que le moyen le plus simple pour la nature de ne pas faire de sauts était de procéder comme il le suppose : « Puisque l'élection naturelle ne peut agir qu'en profitant de « légères variations successives, elle ne fait jamais de sauts, « mais elle avance à pas lents » (p. 280).

En traitant de la fonction, de l'origine et de l'utilité de certains organes de peu d'importance en apparence, l'auteur arrive, comme pour les plus essentiels, à des effets de l'élection naturelle; mais nous sommes étonné de trouver une contradiction aussi manifeste entre le troisième paragraphe du résumé (p. 293) et ce qui a été dit (p. 258) de la possibilité de la transformation d'un Galéopithèque en Chauve-souris (1).

Chap. VII. — Instinct.

Dans le chapitre VII, le principe de l'élection naturelle est appliqué, non plus au physique des animaux, mais à leur *instinct*. Les résultats de l'éducation sont transmis par l'hérédité et par le pouvoir de l'homme, qui, à chaque génération, a choisi les produits les plus propres à conserver et à transmettre les qualités cherchées. Nous ne reproduirons pas ici les observations que nous avons faites sur les effets physiques de la domestication (*antè*, p. 67); nous nous bornerons à y renvoyer le lecteur, en faisant remarquer qu'elles sont tout aussi applicables à ce second point de vue qu'au premier.

M. Darwin s'occupe ensuite très-particulièrement de l'instinct chez le Coucou, chez l'Autruche, les Fourmis, l'Abeille parasite, etc., et termine sa dissertation, fort étendue sur ce

(1) La contradiction existe également dans le texte. *Voy.* 1re éd., p. 181 et 204.

sujet, en regardant la perfection actuelle d'un rayon d'Abeille comme un résultat d'élection naturelle.

Quant à la question des neutres ou femelles stériles chez les insectes, le savant voyageur ne voit aucune difficulté à ce que l'élection naturelle soit parvenue à établir qu'un certain nombre d'individus naquissent capables de travailler seulement, sans pouvoir se reproduire ; aussi passe-t-il légèrement sur cette première objection, tandis qu'une seconde plus grave pour lui est dans la grande différence que présentent les Fourmis ouvrières des mâles et des femelles fertiles. Or, ces différences ne peuvent être transmises par l'hérédité, puisque les individus qui la présentent sont stériles; mais, en remarquant que le principe d'élection s'applique autant à la famille qu'à l'individu, (jusqu'ici nous avions cru qu'il n'y avait que les individus qui fussent élus) et que la production des neutres peut être un avantage décisif pour la communauté, ce motif suffit à l'auteur pour lui faire croire qu'il a surmonté la difficulté et répondu à l'objection. Mais, en réalité, il a modifié profondément son hypothèse pour la plier aux exigences du fait.

Un autre fait plus embarrassant consiste en ce que, dans plusieurs espèces de Fourmis, les neutres diffèrent, non-seulement des mâles et des femelles, mais encore les uns des autres, de manière à pouvoir être rangés dans plusieurs castes distinctes, parfaitement limitées, comme le seraient des espèces, des genres et des familles. Néanmoins, la foi profonde qu'a M. Darwin dans l'excellence de son principe ne lui permet pas de le croire ici en défaut plus qu'ailleurs, et, au moyen d'un bon nombre d'élections, de suppositions et de *raisons d'utilité publique et générale pour la société*, il arrive à rendre compte des résultats. On conviendra certainement, après avoir suivi cette argumentation, que si le fait n'est pas vrai, ou si son interprétation est forcée, on a du moins la preuve de l'esprit fort ingénieux de l'auteur. On ne peut d'ailleurs invoquer ici l'application d'idées plus ou moins semblables à celles de la commutation, puisque ni la différence des milieux ni celle des circonstances physiques environnantes, des besoins, etc., ne

peut rendre compte des caractères différentiels qui distinguent ainsi les individus d'une même espèce. Quoi qu'il en soit, M. Darwin ne prétend pas que les faits rapportés dans ce chapitre fortifient en aucune façon sa théorie; mais les difficultés qu'ils soulèvent ne peuvent non plus, à son avis du moins, la renverser (p. 349).

Chap. VIII. — Hybridité. Chap. IX. — Insuffisance des documents géologiques.

Le chapitre VIII, relatif à l'*hybridité*, ne renferme rien qui se rapporte bien directement à la théorie de l'auteur, mais il n'en est pas de même du suivant, où il traite de l'*insuffisance des documents géologiques* pour prouver l'existence nécessaire à sa théorie de toutes les formes de passage ou variétés intermédiaires qui ont dû être vaincues par celles qui ont résisté. Ainsi, c'est toujours la même fin de non recevoir et le même raisonnement que nous avons déjà signalés.

Il fait voir pourquoi ces formes de transition ne pourraient exister actuellement, même dans les circonstances en apparence les plus favorables à leur formation et à leur conservation. L'étude des terrains devrait nous révéler précisément ce que la nature actuelle ne peut nous montrer. « Pourquoi donc, dit-il « (p. 392), chaque formation géologique et même chaque cou« che stratifiée n'est-elle pas remplie de ces formes de transi« tion? Assurément la géologie ne nous révèle pas encore « l'existence d'une chaîne organique aussi parfaitement gra« duée et c'est en cela peut-être que consiste la plus sérieuse « objection qu'on puisse faire à ma théorie. Mais l'insuffisance « extrême des documents géologiques suffit, je crois, à la ré« soudre. »

La réponse à la demande de M. Darwin semble fort simple. Si chaque formation, et même chaque couche n'est pas remplie de ces formes de transition, c'est que ces formes n'ont pas existé; l'échafaudage élevé avec tant de frais de recherches et de combinaisons ne repose sur rien de réel, puisque celle de toutes les sciences sur laquelle on devait compter le plus pour l'étayer lui refuse son témoignage. Arguer de son insuffisance actuelle, comme si cette négation pouvait être de quelque valeur, c'est se faire une étrange illusion; et ajouter que cette *insuffisance même*

des documents suffit pour résoudre l'objection, c'est pousser par trop loin la naïveté du raisonnement. Ainsi, ni la nature actuelle, ni la nature passée n'offre à M. Darwin, et de son propre aveu, la démonstration d'une hypothèse dans laquelle il persiste néanmoins avec la plus parfaite conviction.

A propos de géologie, il revient encore aux Pigeons, aux Chevaux, aux Tapirs, etc., et conclut que le nombre des chaînons intermédiaires et transitoires entre les espèces vivantes et éteintes doit avoir été immense. « Mais ma théorie, dit-il (p. 394), « n'est vraie qu'à la condition que ce nombre incalculable de « variétés aient successivement vécu à la surface de la terre. » Or, c'est ce qui devait être démontré, et c'est précisément ce qui ne l'est pas du tout.

Arguer de la longueur des périodes géologiques, de l'épaisseur des couches, etc., c'est éluder la réponse, ce n'est rien prouver quant à la question. Ce n'est pas le temps que nous marchandons à M. Darwin ; le temps n'est pas nécessairement une condition du fait dont il s'agit ; il n'en serait qu'une explication si le fait était prouvé, et l'auteur confond ici deux ordres d'idées complétement distincts.

La *pauvreté des collections paléontologiques* est encore un argument négatif sans plus de valeur que les précédents. Sans doute la paléontologie ne nous représentera jamais qu'une faible portion des êtres qui ont existé, mais cette insuffisance même fait que la théorie reste toujours à l'état d'hypothèse sans fondement. Puisque le seul argument sur lequel on puisse édifier quelque chose doit être pris dans le passé, et que son histoire est trop incomplète, l'hypothèse n'a donc pas de raison d'être.

L'intermittence des formations géologiques et la dénudation des roches granitiques sont ici des hors-d'œuvre qui ont donné à l'auteur occasion de rappeler ses très-intéressantes recherches dans l'Amérique du Sud. Les développements étendus dans lesquels il entre ensuite aboutissent ou à des négations ou à des incertitudes, et nous ne le suivrons pas dans un champ d'où il ne tire aucune preuve solide. Nous ferons remarquer cependant que, dans l'état actuel de la science, il y a des ensembles de cou-

ches assez bien circonscrits et assez bien étudiés pour qu'ils aient pu être de quelque utilité à l'auteur s'ils avaient dû, par leur nature même, lui offrir quelque argument favorable.

Ainsi, les résultats des recherches les plus récentes de M. Deshayes dans le bassin de la Seine, de M. S. Wood sur le crag, de MM. Sandberger sur les dépôts tertiaires des bords du Rhin, de M. Hörnes sur le bassin de Vienne, d'Alcide d'Orbigny sur la formation crétacée de France, des paléontologistes d'Angleterre sur la formation jurassique de leur pays, de M. Quenstedt sur celle du Wurtemberg, de M. de Koninck sur le système carbonifère de la Belgique, de M. Barrande sur le système silurien de la Bohême, de M. J. Hall sur celui des États-Unis, etc., etc., ces résultats, disons-nous, utilisés, comme l'aurait fait G. Bronn par exemple, eussent certainement jeté quelque lumière sur le sujet en question. Mais, ou M. Darwin a craint de n'y trouver encore que des négations, ou bien il a fait comme les personnes qui s'abandonnent facilement aux spéculations théoriques, et qui répugnent à approfondir les parties les plus positives et les plus pratiques d'un sujet, pour se tenir dans des régions où la flexibilité, l'élasticité et le vague des idées et des faits se plient mieux aux interprétations que réclame l'hypothèse.

Passant ensuite aux conditions physiques de la formation des couches sédimentaires, l'auteur insiste particulièrement sur la longueur du temps, ce que personne ne conteste, mais ce qui ne prouve rien, comme nous venons de le dire et comme il résulte de ses remarques mêmes.

(P. 418.) *Les documents géologiques prouvent suffisamment la gradation des formes.* On sera sans doute étonné de trouver cet énoncé après ce qu'on vient de lire et avec le titre courant du chapitre lui-même. L'auteur, qui probablement ne s'est pas aperçu de la contradiction, se fonde ici sur ce que les paléontologistes ne s'entendent pas toujours relativement à la manière de comprendre l'espèce; et cela lui suffit pour s'emparer des légères différences qu'occasionnent ces divergences d'opinion et y trouver des modifications de formes telles que la théorie

les exige, et qui se sont effectuées, sur un même type, dans la série des temps.

Il montre ensuite « qu'il y a peu de probabilité de découvrir, « dans une même formation et dans un même lieu, toutes les « formes de transition entre deux espèces successives, car « chaque variété doit avoir été locale et confinée dans une « étroite station. » Et il ajoute quelques considérations qui « diminuent, dit-il, les chances que l'on peut avoir de retrou- « ver, dans une seule et même formation géologique, les états « transitoires successifs entre deux formes mieux définies. »

Comme, d'un autre côté, M. Darwin pense « que, même de « nos jours, et à l'aide de spécimens vivants et complets, il est « rare que deux formes paraissent être reliées l'une à l'autre « par des variétés intermédiaires, et prouvées être ainsi de la « même espèce, » on ne peut encore voir dans tout ceci que des présomptions contraires à la théorie. Quant à demander si les géologues futurs pourront démontrer que certaines de nos races actuelles sont descendues d'une seule souche ou de plusieurs, etc., c'est sortir de la question et surtout de leur domaine, comme l'a fait, à son tour, le traducteur, qui semblerait n'avoir jamais fait de géologie que dans certains livres de peu d'autorité dans la science (p. 421, *nota*).

(P. 421.) Si les partisans de l'immutabilité de l'espèce ont prétendu, suivant l'auteur, que la géologie n'avait encore offert aucune forme de transition ou, plus exactement, de passage, nous ferons remarquer qu'ils n'ont nullement voulu dire que les découvertes paléontologiques n'aient pas comblé de nombreuses et importantes lacunes entre des types déjà connus, ce qui est fort différent et ne préjuge nullement la question de fixité ou de variabilité. Ces types intermédiaires complètent la série, sans qu'on puisse s'en prévaloir pour dire qu'ils proviennent de modifications de types antérieurs. La critique porte donc encore à faux aussi bien que celle du traducteur et l'observation attribuée à M. Lubbock, laquelle, pour être vieille de plus d'un siècle, n'en est pas plus concluante. M. Darwin dit aussi (p. 422) « que les recherches géologiques n'ont pu nous

« révéler encore l'existence de nombreux degrés de transition « aussi serrés que nos variétés actuelles, et reliant entre elles « toutes les espèces connues ; telle est la plus importante des « objections qu'on puisse élever contre ma théorie. » Mais nous avons déjà vu qu'il y en avait bien d'autres, soit admises, soit éludées.

(P. 425.) Après quelques comparaisons avec ce qui pourrait se passer actuellement dans la Malaisie et les régions environnantes, l'auteur ajoute : « Nous ne pouvons pas espérer de « trouver dans nos formations géologiques un nombre infini « de formes transitoires qui, d'après ma théorie, ont relié les « unes aux autres les espèces passées et présentes d'un même « groupe dans la chaîne longue et ramifiée des êtres vivants. » Qu'est-ce donc qu'une théorie qui ne s'appuie que sur des abstractions, sur des résultats de la domestication ou de l'influence directe et tout à fait anormale de l'homme, et qui cherche en vain, dans l'étude de la nature actuelle et de la nature passée, le plus petit argument en sa faveur, sans avoir même l'espérance que les découvertes à venir puissent le lui apporter?

L'apparition soudaine de groupes entiers d'espèces voisines, qui serait évidemment contraire à l'hypothèse de M. Darwin, est ensuite discutée par une argumentation assez spécieuse, mais qui au fond ne prouve rien ; car de ce que tel type que l'on a cru d'abord commencer à tel ou tel point de la série a été reconnu ensuite avoir commencé plus tôt, cela n'explique nullement la cause de l'apparition qui reste toujours à démontrer. Que la famille des rudistes, par exemple, vienne à être prouvée plus ancienne que la craie, il faudra toujours expliquer sa naissance pendant la formation jurassique. Tout le reste du raisonnement ne porte que sur des négations et des incertitudes ; aucun fait net, clair et probant ne vient soulager le lecteur de ces assertions vagues, incessamment reliées les unes aux autres par une chaîne continue de suppositions.

(P. 429.) Si les découvertes de nouvelles formes augmentent chaque jour nos catalogues paléontologiques, cela confirme ce que chacun sait, qu'à cet égard la science n'est pas finie et

qu'elle ne le sera même jamais d'une manière absolue. Que ce soit un mammifère ou un oiseau, un cirrhipède ou un poisson de tel ou tel ordre qui vienne à être découvert, peu importe; et quand même tous les intervalles pourraient être remplis dans le passé et dans le présent, le *mode de remplissage* resterait à démontrer, et la théorie de l'auteur ne serait pas prouvée pour cela; elle serait seulement une *probabilité;* or, comme on le voit, elle en est encore bien loin.

(P. 432.) En parlant de l'*apparition soudaine de groupes entiers d'espèces alliées dans les strates fossilifères les plus anciens*, M. Darwin dit : « Cependant la plupart des raisons (1) « qui m'ont convaincu que toutes les espèces d'un même « groupe descendent d'un progéniteur commun s'appliquent « avec une égale force aux espèces les plus anciennes. Je ne « puis douter, par exemple, que toutes les trilobites siluriennes « ne soient descendues de quelque crustacé qui doit avoir vécu « longtemps avant cette époque géologique, et qui différait pro« bablement beaucoup de tous les animaux connus. Quelques« uns des fossiles siluriens les plus anciens, tels que le Nautile, « la Lingule, etc., ne diffèrent que très-peu des espèces vivantes; « et, d'après ma théorie, on ne saurait supposer que ces anciennes « espèces aient été les ancêtres de toutes les espèces des ordres « auxquels elles appartiennent, car elles ne présentent nulle« ment des caractères intermédiaires entre les diverses formes « qui ont depuis représenté ces ordres. De plus, si elles avaient « servi de souches à ces groupes, elles auraient probablement « été depuis longtemps supplantées et exterminées par leurs « nombreux descendants en progrès.

« Conséquemment, si ma théorie est vraie, il est de toute cer« titude qu'avant la formation des couches siluriennes infé« rieures de longues périodes se sont écoulées, périodes aussi « longues et peut-être même plus longues que la durée entière « des périodes écoulées depuis l'âge silurien jusque aujourd'hui :

(1) L'auteur dit *raisons* (*arguments*) et non *preuves* ou *observations directes*, qui en effet font presque toujours défaut.

« et pendant cette longue succession d'âges inconnus le monde « doit avoir fourmillé d'êtres vivants. Pourquoi ne trouvons-« nous pas de preuves de ces longues périodes primitives? C'est « une question à laquelle je ne saurais complétement ré-« pondre. »

Ainsi, pour que la théorie proposée soit vraie, il faut admettre, comme ci-dessus, qu'il a existé toute autre chose que ce que l'on connaît ; ce que nous savons du présent et du passé ne lui suffit nullement. C'est donc une théorie bien exigeante et qui semble courir grand risque de n'être jamais vérifiée. Ce qui suit montre également sa faiblesse et son peu de consistance. On a beau remonter dans le passé, il faut toujours arriver à un moment organique initial, à une création première, spontanée ou autre, et nous verrons plus loin comment l'auteur aborde ce nœud de la question où il est forcément conduit.

Chap. x. — Succession géologique des êtres organisés.

M. Darwin, que l'on a vu dans le chapitre IX dédaigner les résultats de la paléontologie parce qu'ils étaient trop incomplets et trop insuffisants pour être un argument de quelque valeur, et qui s'est efforcé de démontrer qu'on ne pouvait rien induire contre sa théorie du peu que l'on savait, peut-être parce que ces données lui étaient défavorables, s'attache à faire voir au contraire dans le chapitre suivant, où il traite de la *succession géologique des êtres organisés*, que cette même théorie est parfaitement compatible avec tout ce que l'on sait *sur l'apparition lente et successive des espèces nouvelles, de leur différente vitesse de transformation, sur les espèces une fois éteintes qui ne reparaissent plus, sur les groupes d'espèces qui suivent dans leur apparition et leur disparition les mêmes lois que les espèces isolées*, etc. (p. 445); puis il passe à l'*extinction des espèces* (p. 447).

« D'après la théorie de l'élection naturelle, dit-il, l'extinction « des formes anciennes et la production des formes nouvelles et « plus parfaites sont en connexion intime. » Plus loin il ajoute, conformément à sa théorie (p. 452) : « Qu'en ce qui concerne « les époques les plus récentes nous pouvons admettre que la pro-« duction de formes nouvelles a causé l'extinction d'un nombre à

« peu près égal de formes anciennes. » Or, c'est poser en principe ce qui est à démontrer, car, si l'auteur est revenu souvent sur cette idée, on peut affirmer qu'elle est jusqu'à présent restée dans son livre comme une pure assertion plus ou moins positive, mais non prouvée. Il en est de même de ce qui suit, où, contrairement à ses déclarations du chapitre IX, il trouve que l'extinction des espèces ou de leurs divers groupes, révélée par les études paléontologiques et géologiques, s'accorde parfaitement avec sa théorie de l'élection, ainsi que les changements simultanés des faunes, aux diverses périodes, sur les divers points du globe. Mais, ajoute-t-il (p. 453) : « Ce n'est pas de leur « extinction même que nous pouvons être étonnés ; ce serait « plutôt de notre présomption lorsque nous nous imaginons un « seul instant que nous savons quelque chose du concours « complexe des circonstances accidentelles dont l'existence des « formes vivantes dépend. » Peut-être n'y aurait-il pas moins de présomption à s'imaginer qu'on a saisi la cause et le mode de succession des êtres dans le temps.

Quant à nous, il nous semble merveilleux que des effets qui, par leurs caractères, devraient tenir à une cause générale, puissent être subordonnés, dans leurs résultats, à des causes aussi particulières que la prédominance de telle ou telle variété sur tel ou tel point. C'est une des applications de l'idée de M. Darwin les plus difficiles à concevoir que cette harmonie due à des motifs variés et en quelque sorte individuels et indépendants ; de sorte qu'il y aurait pour nous entre la généralité et la constance des effets dans tous les âges de la terre d'une part, et leur cause supposée de l'autre, la disproportion et l'incompatibilité les plus frappantes. La simultanéité de l'apparition et celle de l'extinction ne résultent nullement d'ailleurs du raisonnement de l'auteur, qui peut tout aussi bien s'appliquer à des changements qui n'auraient pas ce caractère.

Que les dépôts fossilifères se soient formés pendant des périodes d'affaissement plutôt que de soulèvement, cela est fort possible, mais est étranger au sujet, aussi bien que l'existence d'isthmes qui, séparant des bassins contemporains, peuvent ex-

pliquer les différences de leurs faunes; c'est rentrer ici dans l'influence des causes physiques extérieures que l'on avait rejetées d'abord.

Nous en dirons autant de la section qui traite *des affinités des espèces éteintes entre elles et avec les espèces vivantes* (p. 462); l'auteur y trouve encore l'occasion de citer ses exemples favoris d'oiseaux domestiques et son tableau de la dichotomisation des formes dérivées qui s'applique très-bien, suivant lui, aux faits concernant les affinités naturelles des formes éteintes, soit entre elles, soit avec les vivantes. Avec toutes les considérations qu'il y ajoute, ce principe est tellement élastique, dans son interprétation et son application, qu'on serait plutôt étonné de rencontrer un résultat qui n'y rentrât pas.

(P. 470.) Relativement au *degré de développement des formes anciennes, comparé à celui des formes vivantes*, M. Darwin répète encore que l'élection naturelle doit tendre à spécialiser de plus en plus l'organisation de l'individu et à le rendre plus parfait et plus élevé, ce qui n'empêche pas qu'elle ne laisse subsister un nombre considérable d'êtres à structure simple et peu développée. Nous ne pouvons que répéter à notre tour ce que nous avons déjà dit sur le même sujet, savoir : que ce n'est pas une loi, puisque dans tous les temps ces contraires ont subsisté; qu'on ne peut pas admettre qu'un principe s'applique dans des limites qui ne sont ni motivées, ni tracées, et qu'il s'exerce sur telle portion de l'organisme et non sur telle autre. Il y a toujours eu la proportion d'animaux inférieurs et supérieurs nécessaire à l'équilibre général de la nature. Il est incontestable que, si l'hypothèse était une véritable théorie, la masse des animaux inférieurs aurait dû diminuer relativement à celle des supérieurs. Qui donc oserait dire qu'ils sont aujourd'hui moins répandus dans nos mers qu'ils ne l'étaient à l'époque des trilobites? Or, il est manifeste, et la raison en cela, d'accord avec l'observation, répugne à admettre le contraire, que les animaux supérieurs se sont développés dans la série des âges sans préjudice des inférieurs aussi nombreux actuellement que jamais.

Les victoires supposées remportées au profit des faunes plus récentes sur les plus anciennes sont des triomphes imaginaires. Lorsqu'on considère les faunes en elles-mêmes et par rapport aux conditions dans lesquelles elles ont vécu, on reconnaît qu'elles ont chacune tout le développement et la perfection qu'elles devaient avoir, et la prédominance, que souvent nous accordons à tel ou tel organisme sur tel ou tel autre, ne résulte que de l'état de nos connaissances, ou de nos idées personnelles sur l'importance comparative de tel ou tel organe, de telle ou telle fonction.

Le savant voyageur anglais devait se ranger à une opinion suggérée par M. Agassiz : que les animaux anciens ressemblent à l'embryon des animaux actuels de la même classe, de sorte que la succession géologique des formes éteintes serait parallèle au développement embryogénique des formes récentes. C'est là sans doute une idée ingénieuse, mais dont on attend encore la démonstration, car nous ne pouvons regarder les quelques faits allégués à l'appui que comme de simples indications.

(P. 476.) *La succession des mêmes types dans les mêmes régions pendant les dernières périodes tertiaires* est un résultat important des recherches de nos jours, envisagé par M. Darwin comme très-favorable à ses idées ; mais nous craignons qu'en cela il ne se fasse encore illusion, car les mammifères terrestres de l'époque quaternaire présentent tous des dimensions supérieures aux types correspondants actuels ; la loi d'élection naturelle, de perfectionnement, de beauté, de grandeur, ne leur aurait donc pas été appliquée par exception, comme nous avons vu précédemment que le bénéfice en aurait été refusé aux êtres les plus inférieurs. Pourquoi ces injustes distinctions ? et comment l'auteur de si belles études dans l'Amérique méridionale n'a-t-il pas été frappé du démenti que donnait à son hypothèse la comparaison de la faune ensevelie dans les pampas avec celle qui vit actuellement sur leurs immenses surfaces ?

Ici, comme précédemment, il serait inutile de reproduire le *résumé* du chapitre, notre analyse devant en tenir lieu ; nous

emprunterons cependant à ce dernier le passage suivant, qui exprime la pensée de l'auteur d'une manière concise et sans laisser aucune incertitude. « Les habitants de chaque période « successive dans l'histoire du monde, dit-il (p. 484), n'ont « pu exister qu'à la condition de vaincre leurs prédécesseurs « dans la bataille de la vie. Ils sont par ce fait, et autant qu'il « a été nécessaire à leur victoire, plus élevés dans l'échelle de « la nature et généralement d'une organisation plus spécialisée. « C'est ce qui peut rendre compte de ce sentiment général et « mal défini qui porte beaucoup de paléontologistes à admettre « que l'organisation a progressé, du moins quant à l'ensemble, « à la surface du monde. »

On conçoit que M. Darwin s'applique tout le bénéfice de cette dernière remarque; mais nous ne pouvons, ainsi que nous l'avons dit plus haut, consentir à voir le principe du monde organique reposer sur le résultat de la lutte du fort et du faible, sur la victoire du premier sur le second, victoire qui, poussée dans ses dernières conséquences, devait anéantir non-seulement tous les faibles, mais les forts eux-mêmes à leur tour. Nous ne pouvons apercevoir nulle part de véritables preuves de ce matérialisme et de ce fatalisme combinés, aboutissant à la négation absolue de toute intelligence directrice, et les efforts répétés et compliqués de l'auteur pour rattacher son hypothèse à toutes sortes de faits incohérents, commentés, expliqués, retournés, sont le meilleur témoignage de sa faiblesse même.

Chap. XI. — Distribution géographique

Le chapitre XI, qui traite de la *distribution géographique* des êtres organisés, est sans doute un des plus intéressants de l'ouvrage de M. Darwin ; mais tous les sujets dont il y est question ne se rapportent pas immédiatement à la pensée de son livre. Il croit d'abord que la distribution géographique actuelle ne peut s'expliquer par les différences locales des conditions physiques; il insiste néanmoins sur l'importance, à cet égard, des barrières naturelles qui s'opposent à la libre répartition des animaux et des plantes dans toutes les directions, et sur les affinités des productions d'un même continent ; tous ces rapports, de même que ceux qui existent entre les faunes immédiate-

ment antérieures, seraient encore le résultat de l'élection naturelle.

Pour lui, chaque espèce s'est d'abord produite dans une seule contrée d'où elle a plus ou moins rayonné, suivant les circonstances favorables ou non. Peut-être serait-il préférable de considérer les *centres de création* comme des associations d'espèces ? Quant à savoir si les espèces naissent d'un seul individu, d'un seul couple ou de plusieurs couples, l'auteur disserte bien sur la manière dont il conçoit la *descendance*, mais il n'aborde pas la question elle-même, c'est-à-dire la plus capitale de toute la biologie ; peut-être le trouverons-nous moins réservé par la suite. C'est qu'en effet il faut toujours en arriver à une création première, et que, celle-ci admise, elle entraîne toutes les autres. Si on ne la nie point d'abord, on ne peut nier les suivantes, et alors toutes les hypothèses d'élections, de variations, de transformations, deviennent des rouages compliqués et superflus.

Les *moyens de dispersion* des êtres organisés avaient été déjà énumérés, et ceux qui se rapportent aux plantes sont mentionnés avec quelques détails. Cette dispersion pendant la période glaciaire et pendant celle qui l'a précédée est également étudiée ; mais la *suite de l'influence de la période glaciaire* montre que l'auteur n'a pas examiné le sujet au delà de ce qu'il a trouvé dans les livres de quelques-uns de ses compatriotes. Il confond des faits chronologiquement distincts, même dans son propre pays, et ne voit pas que la destruction des grands mammifères n'a aucun rapport avec le phénomène des stries, des surfaces polies et sillonnées du pays de Galles et de l'Écosse ; de sorte que tout ce paragraphe est entaché d'une erreur fondamentale, qui a ses conséquences dans les suivants.

Ainsi, en regardant la période glaciaire comme *une* au lieu de la considérer comme *multiple*, il lui attribue l'émigration des plantes des régions nord vers les régions tempérées, puis de celles-ci vers les régions sud, où elles tendent à envahir et à remplacer les plantes indigènes. Mais le froid étant venu à cesser, elles ont repris chacune leur route vers les régions d'où elles provenaient, et la végétation tropicale a pu rentrer dans

ses droits. Cependant quelques traces de ces migrations sont restées sur les montagnes élevées ; et bien plus, certaines espèces du Nord, qui durant cette pérégrination avaient imprudemment dépassé l'équateur, lors du retour de la chaleur, n'ayant pu revenir sur leurs pas, ont continué leur voyage vers le Sud, où elles devaient trouver leur température originaire, ou mieux celle de leur première patrie. C'est pour cela, dit M. Darwin (p. 534), que quarante-six espèces de phanérogames de la Terre de Feu existent en Europe et dans l'Amérique du Nord, où elles sont restées en passant ; que sur les hautes montagnes de l'Amérique équatoriale se montrent une multitude d'espèces particulières appartenant à des genres européens ; que sur les montagnes de l'Australie méridionale il y a des espèces européennes, ainsi que dans les basses terres, et que de nombreux genres européens de ce même continent austral n'ont nulle part leurs analogues dans les régions torrides intermédiaires. De plus, il y a des espèces identiques à la Terre de Kerguelen, à la Nouvelle-Zélande et à la Terre de Feu. D'ailleurs ces formes ou espèces septentrionales découvertes dans la partie sud de l'hémisphère austral ou sur les montagnes des régions équatoriales ne sont point arctiques, mais bien celles des contrées tempérées de l'hémisphère nord.

C'est sans doute là une fort élégante application de géographie botanique, et nous ne demanderions pas mieux que d'y croire ; mais, lorsqu'on cherche à se rendre compte des circonstances météorologiques diverses et des phénomènes géologiques de toutes sortes qui ont eu lieu entre la fin de l'époque tertiaire supérieure et l'époque actuelle, il est difficile d'admettre un résultat aussi séduisant par la simplicité de sa cause première. Les choses évidemment ne se sont pas passées ainsi. Nous ne voyons d'ailleurs aucune bonne raison pour qu'il ne puisse pas exister naturellement, sur divers points de la terre, dans des conditions climatologiques comparables, un certain nombre de formes qui auraient le privilége d'être cosmopolites.

Ces divers sujets, loin d'être en rapport avec l'hypothèse de

l'élection naturelle, nous semblent au contraire se rattacher directement aux effets de causes physiques, de sorte que, quoi qu'en dise l'auteur (p. 535), sa loi ne serait pour rien dans les résultats dont nous venons de parler. L'émigration, si tant est qu'il y en ait eu, s'est manifestée du N. au S., sans doute à cause de la plus grande étendue des terres émergées au nord, et, ajoute-t-il (p. 535), « parce que les formes continentales de ce côté « ayant vécu dans leur patrie originaire en plus grand nombre « se sont en conséquence trouvées, grâce à une concurrence et « à une élection naturelle plus sévères, supérieures en organi-« sation et douées d'un pouvoir de domination prépondérant sur « celui des formes australes. De sorte que, lorsqu'elles se trou-« vèrent mélangées les unes avec les autres pendant la période « glaciaire, les formes septentrionales durent vaincre les formes « méridionales moins puissantes, » etc. Les exemples pris encore dans les transports effectués par l'intermédiaire de l'homme ne prouvent rien, sinon que des végétaux se développent partout où ils trouvent les conditions qui leur conviennent.

Dans le chapitre XII, l'auteur traite de la répartition des productions d'eau douce et attribue à des migrations ce qui n'est que l'effet de la fixité et de l'uniformité plus grande de ces types dans le temps comparés aux types marins. L'intervention d'un Canard emportant des plantes aquatiques (*Lemna*) avec des œufs de mollusques, d'autres circonstances donnant à un Héron occasion d'en enlever d'un lac pour les exporter dans un autre, une Ancyle entraînée par un Dytique, un autre coléoptère aquatique volant jusque sur un navire à 45 milles en mer, des graines de *Nelumbium* et des poissons pris et rejetés de l'estomac d'un Héron, etc., sont des exemples qui peuvent expliquer certains faits particuliers, mais qui doivent rester étrangers à une théorie biologique. Chap. XII. — Suite.

On conçoit que M. Darwin devait repousser l'hypothèse d'Éd. Forbes sur les anciennes extensions continentales, hypothèse qui, sans doute, ne répond qu'à certains faits, et n'a pas la prétention d'être une loi de la nature, mais qui a néanmoins pour elle, dans certaines limites, beaucoup de probabilité,

comme nous le verrons ci-après. En l'adoptant, c'eût été annuler dans ces mêmes circonstances l'hypothèse de l'élection naturelle ou du moins ses corollaires. Les réflexions du traducteur à ce sujet sont d'ailleurs très-justes, et, hypothèse pour hypothèse, celle d'Éd. Forbes a l'avantage d'être très-simple et de s'accorder avec ce que nous savons des oscillations de l'écorce terrestre.

Les faits particuliers aux îles océaniques n'ont pas besoin, pour leur population, d'autres explications que ceux des continents ; nous chercherons ci-après les lois de la distribution générale des êtres organisés, dont les bases ont été posées il y a plus d'un siècle, et que l'auteur paraît ignorer en partie. Il remarque néanmoins l'absence de batraciens et de mammifères terrestres dans les îles océaniques, ce qu'il regarde comme tout naturel à son point de vue, tandis que, d'après la théorie de la création directe, on ne voit pas, dit-il, pourquoi il n'y en avait pas. On conçoit cependant très-bien, lorsqu'on admet les centres de création, que les îles qui en étaient le plus éloignées ou séparées par des dispositions que les circonstances ultérieures n'ont pas modifiées n'aient point reçu de populations de mammifères terrestres ou autres qui exigeaient des communications directes. On comprend également pourquoi aucun mammifère terrestre n'a été signalé dans des îles éloignées de plus de 300 milles d'un continent ou d'une très-grande île. Ce serait l'inverse qui ne se comprendrait pas. Dire que les créations indépendantes ont dû avoir lieu partout et de la même manière, c'est une supposition purement gratuite de la part de l'auteur, pour s'en faire un argument favorable à sa propre hypothèse.

Il s'étonne qu'il y ait dans ces mêmes îles des mammifères aériens ; mais il est également évident que s'il devait y en avoir, c'était précisément ceux qui avaient la faculté de voler et qui pouvaient venir d'ailleurs ; il n'y a pas à attribuer le fait à la force créatrice plutôt qu'à l'élection naturelle qui a besoin aussi de les faire arriver par la même voie. Il resterait à savoir si ces espèces sont exclusivement propres à ces îles, ce qui est fort douteux. M. Darwin, qui trouve les données paléon-

tologiques si insuffisantes, nous permettra bien de croire que tous les chéiroptères de l'hémisphère austral ne sont pas encore complétement connus, quant à leur distribution géographique.

Le rapport fréquent qui existerait entre la profondeur des bras de mer ou des détroits qui séparent les terres et le degré d'affinité que manifestent les mammifères habitant les îles avec ceux des continents voisins est, quoi qu'en dise l'auteur, ce que l'on devait s'attendre à trouver, aussi bien dans une hypothèse que dans l'autre. Si l'organisme des îles Gallapagos, tout particulier qu'il paraît être, se rattache à celui de l'Amérique plus qu'à tout autre, s'il en est de même de celui des îles du Cap-Vert, relativement à l'organisme de l'Afrique, il n'y a pas besoin de l'hypothèse de M. Darwin pour expliquer ces relations. Il serait même fort extraordinaire qu'il en fût autrement, puisque, ainsi que nous l'avons déjà dit, les productions des îles participent plus ou moins des caractères de celles des continents voisins, se trouvant dans des conditions physiques plus ou moins analogues et ayant pu faire autrefois partie du centre de création le moins éloigné. Il en est ici comme des diverses régions d'un même continent ; si l'on en considère les points les plus distants, les êtres organisés seront plus différents que dans deux contrées contiguës, qui ne sont pas séparées par de grands obstacles physiques. Il est parfaitement inutile de faire intervenir ici des effets d'élection, et ceci peut s'appliquer au même raisonnement reproduit plus loin (p. 574). En rappelant (p. 578) qu'Éd. Forbes a souvent insisté sur le parallélisme qui existe entre les lois de la vie dans l'espace et dans le temps, l'auteur oublie que cette observation avait été faite auparavant sur le continent. Il trouve d'ailleurs qu'elle s'applique bien à ses idées, et, quant à ce qui vient ensuite, nous pensons qu'on s'en rend tout aussi bien compte par des créations successives en rapport avec les temps et les lieux.

Dans le chapitre XIII sont compris la *classification*, la *morphologie*, l'*embryologie*, les *organes rudimentaires*, titres qu'il suffit de rappeler pour comprendre le parti que l'auteur en peut tirer

Chap. XIII. — Classification, etc.

pour son *élection naturelle*, laquelle rendrait compte de toutes les circonstances et de tous les faits renfermés sous ces titres (1).

Chap. XIV. — Récapitulation et conclusion.

Enfin, le chapitre XIV comprend la *récapitulation* et la *conclusion*.

Ici, près d'arriver à la fin de son travail et jetant un coup d'œil en arrière, M. Darwin, avec cette bonne foi et cette loyauté scientifiques qui ne lui font pas moins d'honneur que ses recherches elles-mêmes, énumère quelques-unes des difficultés que doit rencontrer l'adoption de ses idées sur les descendances modifiées. En ce qui concerne, par exemple, la *distribution géographique* (p. 642). « Tous les individus de la même espèce et toutes les « espèces du même genre, ou même les groupes encore plus « élevés, doivent provenir, suivant lui, de parents communs. « Conséquemment, quelque éloignées ou isolées les unes des « autres que soient les parties du monde où on les trouve aujourd'hui, il faut que, dans le cours des générations successives, elles aient passé de quelqu'un de ces points aux « autres. *Le plus souvent, il est absolument impossible de « conjecturer par quel moyen cette migration a pu s'effectuer.* »

Relativement au mode de succession et aux formes intermédiaires infinies qui ont dû se produire, il dit (p. 644) : « Mais, « d'après cette doctrine de l'extermination d'un nombre infini « de chaînons généalogiques entre les habitants actuels et « passés du monde, extermination renouvelée à chaque période « successive entre des espèces aujourd'hui éteintes et des formes « encore plus anciennes, pourquoi chaque formation géologique ne présente-t-elle pas la série complète de ces formes « de passage ? pourquoi chaque collection de fossiles ne montre-t-elle pas avec une entière évidence la gradation et la « mobilité des formes de la vie ?..... *Je ne puis répondre à ces*

(1) Le traducteur, dans ses notes p. 288 et 629, se montre le véritable continuateur de de Maillet; il va même plus loin en ce que l'auteur de *Telliamed* comme celui de la *Philosophie zoologique* n'admettait de modifications que dans un sens progressif, tandis que mademoiselle Royer en admet dans un sens rétrograde ou régressif, ce qui est plus complet.

« *questions et résoudre ces difficultés qu'en supposant que les* « *documents géologiques sont beaucoup plus incomplets que la* « *plupart des géologues ne le pensent?* » (p. 645)..... « Tous « les spécimens de nos musées réunis ne sont absolument rien « auprès des innombrables générations d'innombrables espèces « qui ont certainement existé, » etc., etc. « Quelque graves que « soient ces difficultés, elles ne peuvent, à mon avis, renverser « la théorie qui voit dans les formes vivantes actuelles la des- « cendance d'un nombre restreint de formes primitives subsé- « quemment modifiées. »

Les *faits généraux et particuliers favorables à l'hypothèse* sont ceux dont nous avons déjà discuté la valeur et principalement la variabilité résultant de la domestication. « Il n'est aucune « bonne raison, suivant l'auteur (p. 649), pour que les mêmes « principes qui ont agi si efficacement à l'état domestique n'a- « gissent pas à l'état de nature. »

On pourrait tout aussi bien retourner l'argument, et il serait, suivant nous, beaucoup mieux fondé. Nous croyons avoir montré que les faits n'étaient point comparables; que les conclusions, toujours très-bornées, que l'on peut déduire du croisement des races ou de la continuité artificielle de l'élection ne sont pas, quoi qu'on en dise, applicables à l'état de nature. La volonté de l'homme appliquée continûment, dans une direction donnée, pour atteindre un but déterminé, à certains animaux et à des plantes, relativement en petit nombre et placés dans des situations anormales, ne peut être assimilée, comme cause efficiente, à une loi de la nature. Celle-ci ne peut, sans renverser toutes les idées rationnelles que nous possédons sur les relations des choses, être réduite à l'exécution inconsciente du hasard, à un concours de circonstances fortuites, exceptionnelles, où le faible serait fatalement destiné à succomber. Ce que l'on croyait pouvoir appeler l'*harmonie de la nature* n'en serait plus que l'*antagonisme*, et nous avons fait voir que l'anéantissement final de tout l'organisme était la conséquence forcée de la prétendue loi d'élection naturelle.

(P. 658.) « L'extinction des espèces et des groupes entiers

« d'espèces, qui a joué un rôle si important dans l'histoire du « monde organique, dit plus loin M. Darwin, est une suite « presque inévitable du principe de cette même élection, car « les formes anciennes doivent être supplantées par des formes « nouvelles plus parfaites. »

Mais ceci est une pure illusion ; considérons en effet les espèces d'un genre quelconque qui a traversé les divers étages d'une formation ou même plusieurs formations successives, nous ne verrons point, comme résultat nécessaire, que les dernières espèces soient, pour nous servir des expressions de l'auteur, ni plus parfaites, ni plus belles, ni plus fortes que les premières. Les Térébratules siluriennes sont tout aussi bien organisées que celles de nos jours, et, si nous prenons la famille des brachiopodes tout entière, l'avantage resterait de beaucoup à la période la plus ancienne. Les Pleurotomaires dévoniens ne le cèdent point à ceux de la craie, les Cérites jurassiques à beaucoup de ceux du calcaire grossier ou des mers actuelles. Des familles entières ont disparu sans laisser de traces, d'autres se sont montrées plus tard pour cesser aussi graduellement. Telles sont les trilobites, les rudistes. Les ammonées, les bélemnitidées ont apparu successivement, ont régné, puis ont cessé ensemble à un moment donné. Où est dans tout cela la marque de l'élection naturelle, l'empreinte d'une loi de perfectionnement ?

Objecter ici qu'il y a eu destruction par suite de lutte, ce ne serait encore répondre qu'à un des côtés de la question, celui de l'extinction ; ce serait méconnaître en outre ces oscillations et ces dépressions plus ou moins prononcées des forces vitales à certains moments, comme à partir de l'époque houillère jusqu'au commencement du lias. Quel est le paléontologiste qui, suivant les dépôts entre ces deux termes, pourrait en relier les produits par l'hypothèse de M. Darwin ? Je sais bien que ce savant répondra par l'insuffisance des données paléontologiques, mais, comme nous ne raisonnons qu'avec les faits acquis à la science, et lui sur des suppositions ou sur des données que leur origine ne nous permet pas d'accepter pour de

véritables preuves, il en résulte que toute son argumentation reste pour nous sans valeur.

C'est dans l'histoire de la vie à la surface de la terre que le secret de cette succession de phénomènes biologiques peut être cherché. Mais supposer que la nature doit faire pour la perpétuité de son œuvre précisément ce que l'homme s'efforce d'exécuter pour l'altérer ou la détruire, c'est avoir une étrange idée de la puissance créatrice! Il aurait été réservé à un fermier, à un éleveur de chevaux, à un amateur de pigeons, à un jardinier fleuriste ou maraîcher de surprendre ainsi ses plus profonds secrets! L'intérêt, le hasard, le caprice ou l'amusement du premier venu auraient été dix fois plus loin dans la connaissance des lois qui régissent le monde organique, que tous les naturalistes qui, depuis deux cents ans, étudient, comparent, méditent avec le scalpel et le microscope! O vanité des sciences et des savants!!

Que M. Darwin veuille bien sortir un moment de ses suppositions, de ses généralités, des exemples qu'il se plaît si souvent et trop exclusivement à emprunter aux publications de ses compatriotes et de ses amis, qu'il approfondisse les travaux sérieux et détaillés, les résultats donnés par de nombreuses études locales, les monographies de faunes, de flores et de terrains, il verra que la paléontologie fournit déjà beaucoup plus de matériaux qu'il ne le suppose, et il reconnaîtra qu'il a jugé légèrement d'après des données incomplètes. En un mot, pour être en droit de prononcer à cet égard avec quelque autorité, il eût fallu commencer par refaire à son point de vue tous les immenses tableaux de G. Bronn, et nous eussions volontiers accepté alors les conséquences d'un travail entrepris dans la seule voie logique des faits acquis.

(P. 665.) Il se demande ensuite pourquoi les plus éminents naturalistes et les géologues ont rejeté la mutabilité des espèces, quand il y a, suivant lui, tant de raisons pour l'admettre; il pense que c'est parce qu'on répugne à accepter tout grand changement dont on ne voit pas les degrés intermédiaires. Il nous semble, en effet, très-sage de ne pas se laisser entraîner

sans des motifs bien convaincants par les idées séduisantes qui peuvent n'être revêtues que d'une apparence de vérité, et la non-fixité de l'espèce, à l'appui de laquelle on cherche à accumuler tant de preuves, reste encore suivant nous à démontrer.

Quant à l'immensité des temps exigée pour les effets invoqués, on les admet sans difficulté parce que la géologie la démontre, mais les rapports de ces temps avec les modifications des espèces sont une question distincte et indépendante. Les personnes qui parlent de l'*unité de plan* ou de *type*, de l'*harmonie de la création*, etc., expriment un fait qui les a frappées, mais elles n'ont pas pour cela, comme le suppose M. Darwin, la prétention de l'expliquer; elles l'étudient dans ses détails et l'admirent dans ses résultats et son ensemble. Si elles repoussent les explications du savant voyageur anglais, ce n'est pas, comme il semble le croire aussi, de parti pris et par l'habitude d'anciennes idées, explication qu'un auteur se donne volontiers, mais sans doute parce que le caractère et la valeur de ses raisonnements, de ses suppositions et de ses preuves ne suffisent pas pour porter une conviction profonde dans leurs esprits.

Il n'est pas non plus nécessaire d'en appeler aux naturalistes de l'avenir; l'idée fondamentale à laquelle nous allons le voir arriver, quoique tardivement, n'est pas nouvelle; elle remonte à plus d'un siècle et nous pourrions lui en montrer des traces jusque dans l'antiquité. Elle s'est présentée d'abord sous la forme d'une plaisanterie sans importance, puis elle a été prise au sérieux par des zoologistes éminents; M. Darwin, qui a commencé par la revêtir d'une forme plus modeste pour la faire accepter, en l'étayant d'un grand luxe de considérations de toutes sortes puis en reléguant à la fin, dans une demi-ombre, la question principale, sera-t-il plus heureux que ses devanciers? C'est ce dont il est encore permis de douter.

(P. 667.) De ce que certains auteurs décrivent comme *espèces* des corps qui pour d'autres ne sont que des variétés, ou de ce que l'on reconnaît soi-même que l'on s'est trompé, cela prouve seulement que les caractères spécifiques sont difficiles

à saisir dans certains cas, que chacun n'a pas la même aptitude pour les distinguer, mais ce n'est pas un argument contre la fixité de l'espèce; celle-ci doit exister par elle-même et être indépendante de tout système de classification ou d'idées théoriques particulières. Quant aux questions qu'adresse l'auteur aux naturalistes (p. 668), on pourrait les lui faire à lui-même; rien jusqu'à présent n'y répond encore dans son livre. Nous sommes aussi de ceux qui croient qu'il ne faut pas plus d'effort à la nature pour créer un million d'êtres animés que pour en créer un seul, et à cet égard l'opinion d'un mathématicien-astronome nous semble avoir peu d'autorité.

Arrivé aux dernières pages du livre de M. Darwin, de sa *récapitulation et conclusion*, le lecteur est surpris de n'y avoir encore vu traiter que des transformations supposées des êtres organisés, sans un seul mot qui se rapporte à leur origine première, au point de départ de toute théorie biologique, à la création elle-même.

Ce sujet si grave et si difficile n'a pas cependant été tout à fait omis par l'auteur, qui le relègue seulement au dernier plan de sa vaste composition, sans titre spécial, sans rien qui attire l'attention sur une si grande question. Il semble qu'il ait voulu atténuer la portée du principe radical qu'il va émettre; ne pouvant échapper à la nécessité de se prononcer, il le fait avec le moins d'éclat possible, sans déguiser pour cela le fond de sa pensée. Peut-être bien des personnes auront-elles passé, sans y prendre garde, sur ce paragraphe intitulé : *Jusqu'où la théorie des modifications peut s'étendre*, et où quelques phrases comprennent toute l'idée génésique fort simple de M. Darwin.

Après avoir indiqué les relations qui rattachent entre eux tous les membres d'une même classe, soit par leur état embryonnaire, soit par les modifications qu'ils ont éprouvées et qui en font autant de chaînons reliant les divers groupes, il arrive à cette expression la plus condensée de ses principes et de ses convictions (p. 669) :

« Je ne puis donc douter que la théorie des descendances ne « comprenne tous les membres d'une même classe. Je pense

« que tout le règne animal est descendu de quatre ou cinq « types primitifs tout au plus et le règne végétal d'un nombre « égal ou moindre. L'analogie me conduirait même un peu « plus loin, c'est-à-dire à la croyance que tous les animaux et « toutes les plantes descendent d'un seul prototype; mais l'a- « nalogie peut être un guide trompeur. »

Quels sont donc ces quatre ou cinq types primitifs animaux et végétaux? Correspondraient-ils à quelques-unes de nos grandes classes? C'est ce que l'auteur ne nous dit pas; il a d'ailleurs toujours évité de désigner celles-ci d'une manière explicite dans le cours de son ouvrage, et les quelques phrases qui suivent témoignent, par leur obscurité, de l'embarras où il se trouve forcément amené.

Rien dans ce qui précède n'avait préparé le lecteur à cette brusque déclaration; il n'avait été jusque-là question que de variétés et d'espèces; ni les genres, ni les familles, ni les ordres, ni les classes n'avaient été présentés dans leurs évolutions successives, conséquences nécessaires cependant à développer pour arriver à la formule élémentaire et primitive que nous venons de citer. Il y a donc ici une lacune considérable dans l'exposé de l'hypothèse de l'élection naturelle, et nous allons voir qu'elle n'est pas la seule (1).

En effet, l'auteur s'arrête au milieu de sa course, et après avoir exposé d'innombrables faits de détail il arrive à la conclusion, sans avoir passé par les intermédiaires qui devaient la préparer et la justifier. En outre, où commence dans le temps l'application de l'élection naturelle et où finit-elle? S'il n'y a eu que quatre ou cinq types primitifs créés, il a fallu que, par des transformations successives, tous les êtres organisés en provinssent pour constituer ce que nous appelons, à tort ou à raison, des classes, des ordres, des familles et des genres. Or,

(1) Le traducteur est moins exclusif. Il suppose qu'à l'origine le nombre des germes fut immense. Tous semblables, ils auraient cependant donné lieu aux divers organismes successivement formés. La multiplicité infinie des germes a nécessairement produit, dit-il, la multiplicité infinie des races.

quel est le dernier terme de cette longue palingénésie? est-ce le singe? ou est-ce l'homme? M. Darwin n'en dit rien. N'aurait-il donc pas eu jusqu'au bout le courage de sa conviction et celui de regarder, avec de la Métherie et quelques zoologistes modernes, l'homme comme étant un *quadrumane élu?* Le savant naturaliste de l'expédition du *Beagle* ne peut échapper à cette conséquence dernière et forcée de son principe. Telle qu'elle est, la base de son édifice, élevé à tant de frais, se perd dans le vague de quelques phrases sur la cellule et la vésicule, et le couronnement, comme on vient de le voir, fait complétement défaut; son œuvre ressemble donc à un vaste tronc sans racine et sans tête.

Mais s'il omet des points aussi essentiels, M. Darwin nous trace, par compensation, les heureux effets de l'adoption de sa théorie dans l'avenir, et nous ne pouvons nous refuser au plaisir d'esquisser le tableau de cet âge d'or de la science qu'il promet aux naturalistes.

« Les systématistes, dit-il (p. 672), pourront poursuivre « leur travail comme aujourd'hui, mais ils ne seront plus in- « cessamment poursuivis par des doutes insolubles sur l'essence « spécifique de telle ou telle forme, et, j'en suis certain, ce ne « sera pas un léger soulagement; j'en parle par expérience.

« ..... Une autre branche plus générale de l'histoire natu- « relle croîtra d'autant en intérêt. Les expressions d'affinités, « de parenté, de communauté de type, de morphologie, de « caractères d'adaptation, d'organes rudimentaires ou avor- « tés, etc., cesseront d'être des métaphores et prendront un « sens absolu. » Un être organisé sera une chose parfaitement comprise dans toutes ses parties actuelles comme dans son histoire particulière et générale; l'étude des productions domestiques acquerra une importance à la fois scientifique et économique..... « Nos classifications deviendront, autant qu'il se « pourra, des généalogies, et retraceront alors véritablement « ce qu'on peut appeler le plan de la création, » etc.

L'avenir réservé aux déductions de la géologie, quoique assez modeste suivant l'auteur, ne laisse pas encore que d'être

séduisant, en nous permettant de mesurer la durée des formations fossilifères et des intervalles d'inactivité entre les étages successifs qui auraient été d'une immense durée (p. 677). Ces intervalles, que nous voyons mentionnés pour la première fois, ont bien dû apporter quelques difficultés dans la suite des *élections naturelles*, mais sans doute l'auteur y aura pourvu.

« Dans un avenir éloigné, dit-il encore (p. 679), je vois des « champs ouverts devant des richesses bien plus importantes. « La psychologie reposera sur une nouvelle base, c'est-à-dire sur « l'acquisition nécessairement graduelle de chaque faculté « mentale. Une vive lumière éclairera alors l'origine de « l'homme et son histoire. »

Cette dernière phrase est une concession bien faible à la nécessité de nommer au moins une fois l'Homme dans une théorie de la vie, mais elle fait encore plus ressortir la grandeur de la lacune dont nous avons parlé. Néanmoins, que de choses nous présage ce paragraphe! Tout le vieux monde psychologique et philosophique, depuis Socrate et Platon jusqu'à Locke, Mallebranche, Spinosa, Kant, Schelling et M. Cousin lui-même, s'écroulera; le travail intellectuel de vingt-cinq siècles disparaîtra à la vive clarté du principe de l'élection naturelle qui se sera exercée aussi sur les facultés de l'âme. Les heureux adeptes de la vérité nouvelle, de la vérité vraie, comme jadis les fervents apôtres du romantisme qui détrônaient Corneille, Racine et tous les classiques, accableront alors de leurs sarcasmes les faux dieux que nous adorions si sincèrement.

Enfin, dans ses *Dernières remarques*, sorte d'*Épilogue* qui termine son livre (p. 680), « nous pouvons même, dit-il, jeter « un regard prophétique dans l'avenir, jusqu'à prédire que « ce sont les espèces communes et très-répandues, appartenant « aux groupes les plus nombreux de chaque classe, qui prévau- « dront ultérieurement et qui donneront naissance à de nou- « velles espèces dominantes. Comme toutes les formes vivantes « actuelles sont la postérité linéaire de celles qui vécurent long- « temps avant l'époque silurienne, nous pouvons être certains « que la succession régulière des générations n'a jamais été

« interrompue, et que, par conséquent, jamais aucun cata-« clysme n'a désolé le monde entier. Nous pouvons aussi en « conclure avec confiance qu'il nous est permis de compter sur « un avenir d'une incalculable longueur. Et comme l'élection « naturelle agit seulement pour le bien de chaque individu, « tout don physique ou intellectuel tendra à progresser vers la « perfection. »

Ainsi M. Darwin a voulu qu'en fermant son livre le lecteur restât sur une pensée agréable et flatteuse, sans doute pour effacer les tristes impressions du fatalisme qui y règne d'un bout à l'autre, mais en réalité l'avenir qu'il promet ne repose pas sur des bases plus sérieuses que l'existence de ces organismes antésiluriens entièrement créés par son imagination pour les besoins de sa cause.

Nous nous sommes attaché, dans cette analyse raisonnée de l'ouvrage de M. Darwin, à en faire ressortir la pensée fondamentale, les arguments de diverses sortes dont il l'a étayée et les conclusions qu'il en a déduites. Les citations du texte, que nous avons multipliées autant que possible, avaient pour but de faire mieux comprendre son mode de discussion, sa manière de déduire, l'esprit du livre en un mot. C'était aussi le meilleur moyen de donner à notre examen le caractère d'impartialité et de précision qu'il doit toujours avoir, et de soumettre en même temps notre jugement à celui du lecteur.

L'auteur disait, dans sa préface, que cet ouvrage n'était qu'un extrait incomplet des matériaux qu'il possède et qu'il publiera ultérieurement; nous pensons que les documents qu'il a déjà réunis ici en si grand nombre suffisent pour faire apprécier la valeur de ceux qui sont encore en manuscrits. Si ces derniers sont de même ordre, de même nature que ceux que nous connaissons, ils n'en augmenteront pas le poids, puisque nous avons été souvent obligé d'en contester la valeur; s'ils sont différents, ils ne doivent pas être bien favorables à l'hypothèse, car on doit supposer que M. Darwin a choisi ses meilleurs arguments, les plus propres à convaincre, ceux qui le frappaient le plus; on le voit même revenir avec complaisance

sur certaines idées et sur certains genres d'observations qu'il affectionne, ce qui nous a obligé d'y revenir fréquemment aussi. Nous n'attendons donc rien de plus de la publication de ses manuscrits, quant à la démonstration de son hypothèse.

Pour nous, toujours disposé à accueillir la vérité, de quelque part qu'elle vienne, nous ne pouvons l'apercevoir encore dans ce travail, malgré ses mérites divers. Le principe sur lequel on le fait reposer d'un bout à l'autre est une abstraction qui n'est pas la conséquence directe d'une suite d'observations positives; il ne s'appuie sur aucun ensemble de faits démontrés par l'étude comparative du présent ni du passé ; c'est une simple hypothèse entourée d'innombrables raisonnements, de citations et de suppositions non moins multipliées, mais qui ne suffisent pas pour en dissimuler la faiblesse.

Nous avons dit, en dernier lieu, que le point de départ de la théorie manquait de précision, que plusieurs parties essentielles n'avaient pas été développées ni même indiquées, et que les conséquences dernières avaient été éludées. Cette prétendue théorie ne répond point aux données de la science actuelle et elle attend de l'avenir une démonstration que rien ne laisse encore entrevoir. Elle se fonde sur des faits contestables parce qu'ils sont pris en dehors de la marche naturelle des choses, et que les conséquences en peuvent toujours être niées. En un mot, le livre *de l'Origine des Espèces*, dont la pensée dernière renferme implicitement la théorie de Lamarck, nous semble fort inférieur, comme conception, comme méthode, comme clarté et comme franchise de vue, à la *Philosophie zoologique* (1).

(1) M. de Quatrefages formule comme il suit son opinion à ce sujet : « M. Darwin, dit-il, a ainsi confondu ensemble, dans sa théorie, les idées de « Lamarck sur la variabilité des espèces et celles de Buffon sur les causes de « leurs variations, tout en faisant de sa théorie des applications qui rappel- « lent les doctrines de Geoffroy. Le naturaliste anglais a d'ailleurs poussé les « unes et les autres bien au delà de tout ce qu'avaient admis ses devanciers « français. » (*Unité de l'espèce humaine*, p. 50, 1861.)

EXAMEN DU LIVRE DE M. GODRON

L'ouvrage de M. Godron (1), dont il nous reste à parler, n'est pas seulement un représentant complet de l'opinion de la *fixité de l'espèce*, opposée à celle de la *variabilité*, dont M. Darwin s'est fait l'un des plus ardents champions, mais il offre encore par sa forme un contraste frappant avec le livre du naturaliste anglais. Autant celui-ci est diffus, sans méthode, présente les faits sans ordre, des répétitions et des contradictions fréquentes, accumule les raisonnements plutôt qu'il ne les déduit les uns des autres, n'a pour ainsi dire ni commencement ni fin, la place des chapitres pouvant être intervertie sans inconvénient, autant l'ouvrage français montre un bonne disposition des matières, de la clarté et un enchaînement logique des faits. L'exposition de ceux-ci est simple, sans digressions inutiles, sans répétitions superflues ; aussi suffit-il au lecteur de parcourir la table des matières pour se rendre compte de suite du plan général de l'ouvrage, sans fatigue ni contention d'esprit, ce qui facilite singulièrement l'intelligence des nombreuses recherches qui y sont exposées.

Le livre *de l'Origine des Espèces* est un livre tout *personnel* ou à peu près ; l'auteur n'y parle que de lui et de ses amis ; le livre *de l'Espèce et des Races dans les êtres organisés* est l'histoire de la science considérée à un point de vue particulier. Écrit dans un véritable esprit philosophique, il restera comme un témoignage honorable de la sagacité et des connaissances de son auteur.

On voit, d'après cela, que nous n'avons pas à examiner en détail l'ouvrage de M. Godron, comme nous avons fait de celui de M. Darwin ; nous n'avons pas à faire l'histoire de l'histoire, et nous nous bornerons à en indiquer les principales divisions.

(1) *De l'espèce et des races dans les êtres organisés, et spécialement de l'unité de l'espèce humaine*, 2 vol. in-8, Paris, 1859.

Ainsi que le sujet le demandait, l'auteur commence par traiter *de l'espèce en général*, *de la doctrine de la fixité des espèces*, puis de celle de la *variabilité*. La question est donc posée comme elle devait l'être au point de départ, et la liaison des autres parties n'est pas moins bien indiquée. Les animaux et les végétaux sont considérés d'abord à l'état sauvage et vivant actuellement. En effet, c'est ce qui vit sous nos yeux dans la nature qui doit nous occuper en premier lieu dans une telle question. Ensuite vient la comparaison des êtres actuels avec ceux dont les Anciens nous ont transmis la description. La question de l'hybridité devait s'interposer naturellement ici avant de remonter au delà de l'époque moderne; mais une fois examinée, l'auteur, franchissant la limite des phénomènes actuels, étudie successivement les caractères des faunes et des flores quaternaires, tertiaires, secondaires et primaires ou de transition. Il examine la théorie de l'évolution successive des espèces dans la série des âges de la terre, et dit en terminant ce sujet : « L'espèce n'a donc pas plus varié pendant les temps géolo- « giques que durant la période de l'homme; les différences qui « ont pu et qui ont dû même se manifester aux différentes « époques géologiques dans l'action des agents physiques, les « révolutions enfin, que notre globe a subies et dont il porte « dans son écorce les stigmates indélébiles, n'ont pu altérer « les types originairement créés; les espèces ont conservé, au « contraire, leur stabilité, jusqu'à ce que les conditions nou- « velles aient rendu leur existence impossible; alors elles ont « péri, mais elles ne se sont pas modifiées. »

Rien n'est donc plus complétement opposé aux conclusions de M. Darwin que celles de M. Godron.

Une fois le tableau de la nature présenté dans ses diverses parties, on conçoit que ce dernier savant recherche en dehors les faits qui peuvent s'être produits ou avoir été provoqués par l'action toute factice et superficielle de l'homme. Il entre dans un autre ordre d'idées et de résultats et s'occupe, avec les plus grands détails, de la théorie des variations observées chez les animaux domestiques, de la création des

races, des variations qu'ont subies les plantes cultivées, de la formation des races végétales, et arrive enfin à traiter de l'Homme, objet particulier du second volume de l'ouvrage. Cet important sujet est examiné sous toutes ses faces avec la même netteté de vue, et l'auteur est amené à reconnaître ainsi l'unité de l'espèce humaine.

On peut donc voir par ce simple exposé, que le livre de M. Godron justifie parfaitement son titre; il instruit, il éclaire et laisse dans l'esprit des notions exactes sur un sujet qui sera toujours l'un des plus importants qui puissent fixer l'attention et la réflexion du naturaliste comme du philosophe.

RÉSUMÉ DES DEUX OPINIONS SUR L'ESPÈCE

Il résulte pour nous de tout ce qui précède, que les naturalistes partisans de la fixité ou de l'immutabilité de l'espèce, de beaucoup les plus nombreux, sont aussi ceux qui, dans l'application du principe, s'accordent le mieux. Les divergences qu'il peut y avoir entre eux portent sur des détails peu importants, et l'existence de *variétés*, soit accidentelles, soit dans des lieux et des temps différents, est généralement admise par les personnes qui ont fait d'assez longues études descriptives d'une partie quelconque de la zoologie ou de la botanique. Le désaccord qui s'observe parfois quant aux caractères de telle ou telle espèce, de telle ou telle variété, quant à la convenance d'adopter telle ou telle détermination spécifique, rentre évidemment dans les limites des appréciations ou des erreurs personnelles et ne peut être un motif pour infirmer en principe la réalité de l'espèce.

La conséquence de cette manière de voir pour les temps antérieurs à l'époque moderne, et peut-être aussi pour notre temps, car rien ne prouve qu'il ne s'en forme plus, c'est l'obligation d'admettre la création successive des espèces et leur extinction également successive. La géologie et la paléonto-

logie confirment pleinement cette dernière hypothèse. La théorie de la fixité de l'espèce a donc pour elle l'observation du présent et les documents du passé. La simplicité de l'idée de création et d'extinction, qui d'ailleurs est depuis longtemps dans les esprits, n'a pas besoin de longues démonstrations; aussi a-t-on écrit peu de volumes pour l'appuyer.

Les partisans de la variabilité de l'espèce ou de sa mutabilité peuvent être regardés eux-mêmes comme les premiers exemples à l'appui de l'idée qu'ils soutiennent, car beaucoup d'entre eux ont commencé par croire à la fixité. Leurs études ultérieures les ont fait changer de camp, non pour se réunir en un groupe compacte, homogène, ralliés autour d'une pensée nettement formulée, mais au contraire pour nous offrir la plus complète diversité, la plus extrême anarchie dans la manière de comprendre la variabilité elle-même. Nous ne voyons pas deux naturalistes de ce parti qui soient d'accord sur les limites des variations, sur leurs causes ou leur origine naturelle, et par conséquent sur l'origine de l'espèce elle-même, ou du moins n'en conviennent-ils pas. En réalité, la divergence existe surtout dans la forme, dans l'apparence, dans l'entière franchise ou dans la réserve prudente de l'opinion de chacun, car il faut reconnaître que Robinet, Bonnet, de Lamarck, les deux Geoffroy Saint-Hilaire, comme M. Darwin et leurs imitateurs, arrivent, quoique par des voies différentes, absolument au même résultat.

Ces diverses interprétations de la variabilité de l'espèce conduisent toutes fatalement à un même point d'arrivée, à un même principe fondamental. Cette théorie, ou mieux cette hypothèse, pour être conséquente et logique, est comme une pente sur laquelle on ne peut s'arrêter dès qu'on a commencé à la descendre; bon gré, mal gré, il faut arriver au bas et accepter pour ancêtre, pour premier père commun, l'ami de Cyrano de Bergerac, qui a porté hardiment du premier coup, à sa plus extrême limite, l'idée de la transformation des êtres. En la présentant sous la forme d'une plaisanterie, dont il ne soupçonnait sans doute guère le succès futur, de Maillet

a formulé un thème sur lequel brodent à l'envi, depuis plus d'un siècle, les partisans plus ou moins savants de la variabilité. Plusieurs d'entre eux ont renié cette parenté, mais évidemment par un amour-propre mal placé; l'auteur de *Telliamed* était un homme de beaucoup d'esprit, de bon sens et, sur plusieurs points, fort instruit pour son temps (1). M. Darwin n'est que le dernier de ses descendants *élus* en ligne directe.

Ainsi, des deux hypothèses qui viennent de nous occuper, l'une a pour elle les faits passés et présents, à la condition que la force créatrice agisse sans cesse, ou à des intervalles très-rapprochés; l'autre n'a en sa faveur que des faits plus ou moins contestables, mais elle a l'avantage de supposer un enchaînement de modifications qui n'exigent point de créations incessantes ou renouvelées; l'une réclame un pouvoir toujours présidant à l'ensemble des produits de la vie; l'autre peut s'en passer, en supposant une impulsion une fois donnée; les circonstances font le reste. Or, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'y a aucun inconvénient à adopter la théorie de la *fixité* de l'espèce, sans préjuger ce que l'avenir pourra nous révéler; il y en aurait au contraire à suivre un des partisans quelconque de la *variabilité;* ce serait, suivant nous, s'engager dans un labyrinthe encore sans issue.

§ 3. De la non perpétuité de l'espèce.

L'idée de la *perpétuité* de l'espèce est fondée sur l'étude de la nature actuelle, et, en restreignant la question au court espace de l'existence de l'humanité, il devait en être ainsi. Mais, lorsqu'on étudie comparativement la série des êtres organisés en remontant jusqu'aux premières manifestations de la vie et que

(1) M. Flourens a très-bien compris le caractère de plaisanterie que de Maillet avait donné à son idée. (*Ontologie naturelle*, p. 22, 1861.)

l'on voit se dérouler, quoique incomplétement sans doute, ces innombrables faunes et flores qui ont peuplé la surface de la terre depuis son origine, on arrive à distinguer la *perpétuité de l'espèce* de sa *fixité*, à admettre celle-ci, tout en rejetant celle-là. Peut-être quelques naturalistes ne se sont-ils pas encore bien rendu compte de la nécessité de cette distinction, mais elle est la conséquence rigoureuse de nos connaissances paléontologiques. D'ailleurs on conçoit que des personnes qui depuis longtemps professent des opinions contraires, lesquelles paraissaient fondées lors de leurs premières études, ne soient pas encore bien pénétrées de cette vérité ; les livres sont souvent comme les lois; ils n'ont pas d'effet rétroactif.

Pour nous la création des espèces a été successive, continue ou à très-peu près, indépendante en général des phénomènes physiques ou dynamiques locaux, toujours plus ou moins limités dans leurs effets, et il en a été de même de leur extinction ou de leur disparition. Peut-être demandera-t-on comment elle sont fini et pourquoi elles ont fini ? Questions absolument les mêmes que celles-ci : comment ont-elles commencé et pourquoi ont-elles commencé ? Or, nous l'avons déjà dit, nous ne sommes point dans le secret de la création, et nous n'avons pas plus la prétention de répondre aux deux premières questions que les partisans de la perpétuité et ceux de la diversification des types n'auraient celle de répondre aux deux secondes. Nous nous bornons à constater les faits, à les comparer, à montrer l'harmonie de leur ensemble dans la suite des temps, et cela nous suffit pour en déduire que ce que nous voyons est le résultat d'une loi à laquelle la nature organique a obéi de tout temps, sans qu'il soit nécessaire de nous préoccuper de la raison même de cette loi.

Nous nous appuierons ici d'un exemple qui semble répondre à la fois aux personnes qui nient la fixité de l'espèce, à celles qui nient les créations et les extinctions successives, enfin à celles qui croient à sa perpétuité indéfinie.

Cette preuve, pour avoir toute sa valeur, devait satisfaire à beaucoup de conditions. Il fallait, en effet, qu'elle fût prise

dans un bassin géologique bien limité géographiquement et stratigraphiquement, bien connu dans toutes ses parties, dont les divisions naturelles fussent suffisamment tranchées constantes dans toute son étendue, et ne montrassent cependant la preuve d'aucune perturbation physique notable. Il fallait en outre que les fossiles de ses divisions eussent été depuis longtemps recherchés et étudiés avec un grand soin, et en dernier lieu comparés par la même personne. Or, le bassin tertiaire de la Seine nous présente précisément ces conditions, et les derniers résultats des recherches persévérantes de M. Deshayes répondent complétement à toutes les exigences de la question (1).

Ce savant admet quatre groupes marins principaux qui se succèdent de haut en bas comme il suit : 1° *sables supérieurs* ou *de Fontainebleau;* 2° *sables moyens;* 3° *calcaire grossier;* 4° *sables inférieurs.* Chacun de ces groupes se sous-divise en étages : 2 dans le premier, 3 dans les deux seconds et 5 dans le quatrième. Il a reconnu dans ces diverses assises 1041 espèces de mollusques acéphales qui, défalcation faite des espèces qui forment double emploi, sont réparties de la manière suivante :

Sables supérieurs de Fontainebleau. . .	65	espèces.
Sables moyens.	241	—
Calcaire grossier.	412	—
Sables inférieurs.	323	—

34 espèces des sables inférieurs s'élèvent dans les groupes suivants et en laissent par conséquent 284 derrière elles, non comprises les 5 espèces lacustres de Rilly. Sur 412 du calcaire grossier, 96 remontent dans les sables moyens et en laissent 316 derrière elles. Entre les sables moyens et les supérieurs, il n'y a point encore d'espèces communes (2).

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XVIII, p. 370 et suivantes, 1861. — *Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris*, vol. II, p. 157, 1861.

(2) Mais la liaison peut être soupçonnée par suite des espèces encore en petit nombre qu'a recueillies M. Goubert dans les assises moyennes du gypse et qui ont leurs analogues dans les sables supérieurs.

Ainsi, sur cette population de 1041 espèces d'acéphales du bassin tertiaire de la Seine, 911 s'éteignent successivement, 284 dans le quatrième groupe, 316 dans le troisième, 246 dans le second, tandis qu'il n'y a qu'une faible minorité, 130 espèces qui passent d'un groupe à l'autre. Ces 130 espèces ne représentent d'ailleurs que les grandes oscillations ; les petites se manifestent d'un étage à l'autre, dans l'intérieur même des principaux groupes, et mettent en mouvement un plus grand nombre d'espèces.

Ce mouvement est donc de 44 espèces dans les sables inférieurs, de 258 dans le calcaire grossier, de 119 dans les sables moyens, de 5 dans les sables supérieurs, en tout 426. Mais, défalcation faite des répétitions, il y a 296 espèces à oscillations courtes, qui, avec les 130 à oscillations longues, donnent 426 espèces, ou un peu moins du tiers du total, qui se meuvent plus ou moins, à côté de 615 qui naissent et périssent dans les étages où elles se rencontrent.

« Si le nombre des espèces qui s'éteignent dans les groupes « prouve la séparation très-nettement déterminée de chacun « d'eux, les 426 qui émigrent ou qui oscillent suffisent à dé- « montrer que dans son ensemble le bassin de Paris forme une « grande unité.

« En définitive, dit M. Deshayes, quel spectacle nous offre « ce bassin ? des apparitions d'espèces et leur extinction plus « ou moins rapide, les unes résistant peu aux causes de des- « truction, les autres un peu plus, d'autres plus encore, toutes « enfin disparaissant à de certaines limites, les plus vivaces « servant de lien commun à toutes les parties de l'ensemble et « les autres rattachant entre elles les sous-divisions d'une « moindre importance. »

Ces conclusions sont donc la confirmation et le développement de ce que disait Alex. Brongniart dès 1808, en parlant de la distribution des fossiles dans chacune des couches qu'il décrivait : « C'est un signe de reconnaissance qui jusqu'à présent ne nous a jamais manqué. » Ainsi, ce principe posé, il y a cinquante-cinq ans, dans l'étude de ce même bassin, alors

qu'on n'y connaissait que quelques centaines d'espèces, est encore vrai aujourd'hui qu'on en connaît plus de trois mille. Maintenant y a-t-il dans les ouvrages des auteurs que nous combattons beaucoup d'exemples qui aient une valeur démonstrative comparable à celui-ci? Nous ne pensons pas qu'il y en ait un seul, et, si l'on se reporte aux travaux que nous avons rappelés (*antè* p. 90), on verra que nous aurions pu citer, dans chaque terrain et dans des pays très-différents, des preuves tout aussi concluantes.

DERNIÈRES CONSIDÉRATIONS SUR L'ORIGINE DES ESPÈCES

Nous terminerons ce chapitre par quelques considérations particulières sur l'origine des espèces.

« Nous ne connaissons aucune force naturelle, dit G. « Bronn (1), qui produise de nouvelles espèces ou des souches « de nouvelles espèces; nous ne savons pas à quelles conditions est liée la production d'une espèce. Nous ne connaissons enfin aucune matière à laquelle cette force soit inhérente. Nous savons seulement que les individus d'une espèce « déjà existante se propagent de diverses manières par des procédés en rapport avec leur organisation simple ou complexe. »

Quoi qu'il en soit, les espèces une fois créées, il invoque des changements dans les conditions physiques extérieures et leur influence pour expliquer les modifications géographiques qu'elles présentent. Mais le savant professeur de Bonn, comme tous ceux qui ont exclusivement recours à ces mêmes causes, ne peut ainsi rendre compte que des modifications également locales, et cette raison ne peut s'appliquer aux modifications générales concordantes de la vie à la surface du globe à tel ou tel moment. Une circonstance particulière a nécessairement un résultat borné dans l'espace et dans le temps; elle ne peut l'étendre à l'univer-

(1) *Loc. cit.*, p. 653.

salité de l'un ni de l'autre. Des abaissements et des soulèvements limités à telle ou telle région, des courants marins changeant de direction, amenant des changements dans la température, le climat, etc., n'ont jamais pu occasionner des modifications dans le même moment et dans le même sens partout à la fois. Il y aurait, entre la cause et l'effet, non-seulement une disproportion qui frappe au premier abord, mais encore une impossibilité réelle, car l'harmonie des phénomènes biologiques successifs ne peut résulter d'une perturbation physique accidentelle, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Il faut donc en revenir à la première loi inhérente à la nature de l'organisme, posée par Bronn lui-même, et en vertu de laquelle s'opèrent ou se sont opérés tous les changements généraux et concordants que nous y observons.

Les considérations précédentes nous amènent à celle-ci : la paléontologie offre-t-elle quelques données pour juger si les espèces animales et végétales descendent chacune d'un seul aïeul, d'un couple d'aïeux, ou bien le type d'une espèce a-t-il été créé par beaucoup d'individus à la fois ? Ici les faits semblent appuyer cette idée que la force naturelle générale qui s'est manifestée par les êtres créés a produit des individus semblables et d'une même espèce, partout où la même cause productrice et les mêmes conditions de vie ont pu se manifester simultanément. Il semble en effet que, dans la première supposition, une multitude de créations auraient avorté ; elles auraient été détruites avant d'avoir pu se produire et multiplier assez pour échapper aux causes de destruction incessantes. Ainsi, les premiers herbivores dans chaque classe auraient été détruits par les premiers carnassiers, la première souris aurait été mangée par le premier chat, le premier lapin par le premier chien, le premier passereau par le premier faucon, et ainsi de suite.

Chaque espèce, comme le dit Bronn (1), doit donc, suivant toute probabilité, son origine à un plus ou moins grand nom-

(1) *Loc. cit.*, p. 656.

bre d'aïeux répandus sur une surface plus ou moins considérable, et qui n'étaient peut-être pas tout à fait contemporains, au moins dans leurs diverses variétés. En outre, si chaque espèce n'était sortie que d'une seule paire, il aurait fallu, surtout dans les organismes élevés, un temps énorme pour qu'elle se propageât sur les divers points de la terre où nous la trouvons aujourd'hui. On verrait toutes les espèces, d'abord très-rares, se développer successivement, pendant une longue série de couches, tandis que, dans le plus grand nombre des cas, chaque espèce offre beaucoup d'individus dès sa première apparition. Tel ou tel horizon géologique ne serait pas caractérisé par l'abondance de telle ou telle espèce, qui ne se montre ni avant ni après ; il y aurait pour chacune un développement graduel qui s'observe quelquefois, mais qui certainement ne constitue pas la règle. Les espèces qui se montrent d'ailleurs à des niveaux un peu différents offrent quelques variations dans leurs caractères.

Plusieurs naturalistes, entre autres, J. B. Brocchi (1), MM. Lyell et H. de Meyer, pour expliquer la disparition des espèces, sans avoir recours à ces *révolutions* imaginaires dont on a tant abusé, ont supposé que chaque espèce avait, comme chaque individu, une certaine somme de temps ou de durée qu'elle pouvait atteindre, mais non dépasser. Elle aurait eu ainsi une phase de développement, d'âge mûr et de vieillesse, après laquelle elle eût été fatalement condamnée à périr. C'est une hypothèse contre laquelle s'élevait Éd. Forbes, qui ne pouvait pas admettre que la vie de l'individu eût aucune analogie avec la durée de l'espèce, la durée moyenne de la première étant déterminée par une loi interne, tandis que celle de la seconde peut se continuer tant que les circonstances extérieures lui conviennent. Cette manière de voir subordonnait ainsi tout à ces dernières, sans supposer aucune loi générale inhérente à l'organisme lui-même.

(1) Voy. *antè*, 1re partie, p. 50.

CHAPITRE III

§ 1. Classification géologique.

Principes généraux.

Les données fournies par la paléontologie entrant pour une grande part dans les principes de la classification des terrains de sédiment, et le caractère essentiel de ce Cours étant la relation de ces terrains avec les fossiles qu'ils renferment, on conçoit que nous devions examiner la classification géologique qui doit servir de cadre aux sujets que nous avons à traiter. L'espèce d'anarchie ou de confusion qui règne dans cette partie de la science nous oblige à nous y arrêter un instant pour remonter d'abord aux vrais principes qui lui servent de base, jeter ensuite un coup d'œil sur les divers systèmes proposés et motiver enfin le choix auquel nous nous sommes arrêté.

Une *classification* en histoire naturelle est l'ensemble des divisions ou des parties d'un tout et l'ordre dans lequel ces parties sont rangées. La *terminologie* ou la *nomenclature*, ce sont les expressions et les mots dont on se sert pour désigner ces mêmes parties.

Les classifications ne sont que des moyens créés pour suppléer à l'insuffisance de nos facultés, lesquelles ne nous permettent pas de saisir à la fois les rapports des divers éléments d'une science, de tout comprendre ni de tout retenir. Ainsi une classification est toujours quelque chose de plus ou moins artificiel; ce que l'on appelle *classe*, *ordre*, *famille*, *genre* ne

peut être considéré que comme des abstractions de notre esprit, plus ou moins en rapport avec les objets destinés à aider la mémoire. Il n'y a point de classification dans la nature où tout est si parfaitement ordonné. Ce n'est, en résumé, qu'un instrument de mnémonique d'autant plus parfait qu'il exprime mieux les affinités naturelles des objets auxquels on l'applique et que ceux-ci ont un plus grand nombre de rapports communs.

La base d'une classification varie suivant le caractère particulier de chaque science. En géologie, la classification n'a point pour base des relations de formes extérieures ni de composition intérieure des corps comme en minéralogie, le nombre, la complication, la ressemblance ou la différence des organes et de leurs fonctions comme en zoologie et en botanique; elle s'appuie sur un tout autre ordre d'idées.

Base de la classification géologique.

En effet, il y a trois éléments essentiels ou trois coordonnées indispensables pour la détermination géologique d'un corps, savoir : la *composition*, le *lieu*, le *temps*, ou, en d'autres termes, sa nature organique ou inorganique, le point du globe où il a été trouvé, le temps où il a été formé. Le premier élément à déterminer ressort de la minéralogie, de la zoologie ou de la botanique, le second, de la géographie physique; le troisième seul ou le temps, indépendant de toutes les autres sciences, est propre à la géologie.

De même que dans l'histoire des états et des peuples, c'est le temps qui doit servir de base à une classification géologique, car la géologie n'est autre chose que la chronologie ou l'histoire de la terre. Le temps remplacera donc les caractères tirés des formes et des organes dans les corps vivants, ceux déduits des éléments géométriques ou des propriétés chimiques dans ceux qui ne sont pas doués de la vie; il sera le véritable *criterium* auquel tout devra être subordonné dans cette classification.

Mais comment mesurer le temps et comment le représenter sans expressions numériques? Un terme relatif peut répondre à la question. Le temps et ses divisions sont exprimés physiquement dans la nature par les diverses roches qu'on y voit

superposées les unes aux autres. Ces roches sont l'image matérielle, non pas des siècles, ce qui serait trop peu, mais des périodes d'un nombre de siècles variable et indéterminé. Les divisions que nous pourrons établir, d'après leurs divers caractères, dans ces roches ou couches ainsi superposées, représenteront les divisions du temps, en unités et fractions d'inégale valeur, suivant que nous le jugerons nécessaire. La classification consistera alors à nous offrir, suivant leur ordre d'ancienneté, les phénomènes de diverses sortes dont ces roches nous conservent les traces ou qu'elles expriment elles-mêmes et dont l'ensemble peut constituer ainsi un véritable chronomètre de la terre. Nous n'aurons sans doute jamais, par ce moyen, l'expression absolue du temps, mais nous en aurons une représentation relative et figurée très-suffisante pour les besoins de la science.

Au premier abord, l'application de cette idée semble assez difficile, et, en effet, les Anciens ne paraissent pas l'avoir nettement comprise. Nous savons seulement que les prêtres de Memphis, en observant le mode de formation du limon de la vallée du Nil, concevaient qu'une partie de la terre avait été déposée de cette manière. Les philosophes grecs admettaient bien aussi, comme on l'a vu, la formation des couches anciennes au fond de la mer, mais l'idée de temps ne pouvait être appliquée à celles-ci ; le sol de la Grèce, de l'Asie Mineure, de l'Italie était peu propre à les éclairer à cet égard.

Il fallait, pour être mis sur la voie, étudier attentivement et d'une manière continue le sol sur lequel nous marchons, comparer, sur une assez grande étendue de pays, les résultats de cette étude, c'est-à-dire constater que la partie de l'écorce terrestre accessible à nos regards se compose d'un certain nombre de couches pierreuses, de diverses sortes, plus ou moins solides, superposées dans un ordre déterminé. Ce fait reconnu, il s'ensuivait que ces couches avaient été formées les unes après les autres, et que les plus anciennes devaient être celles qui étaient placées le plus profondément. Toute la science était là, et nous avons vu, dans la *Première partie* du Cours, combien

de siècles il a fallu pour arriver à la démonstration irréfutable de ce principe.

Ce point essentiel une fois acquis, commencèrent à surgir ces nombreux essais de classification qui devaient nous donner les moyens de représenter graphiquement et synoptiquement les couches de la terre dans leur véritable ordre d'ancienneté, d'établir leurs relations, de rapprocher les unes, d'éloigner les autres, de les grouper, de les diviser, de les caractériser enfin pour les reconnaître, comme on le fait pour les autres corps de la nature.

Si les couches qui composent la partie connue de l'écorce terrestre étaient continues, partout les mêmes, conservant la même épaisseur, la même composition minéralogique et renfermant des corps organisés semblables, la constatation de leurs divers caractères une fois faite sur un point quelconque, il ne serait plus resté qu'à l'appliquer à d'autres; la partie eût donné le tout; c'eût été un étalon de comparaison applicable partout. Mais il n'en est point ainsi, et c'est sans doute l'extrême diversité apparente des couches ou des roches d'un pays à un autre qui a si longtemps empêché de trouver un moyen, pris dans la nature même, qui permît de les comparer sous le rapport de l'âge ou de leur ancienneté relative.

Premières classifications

Les premiers essais de classification ont été, comme on l'a vu, très-simples et en même temps très-conformes à la nature. On a distingué les *roches primitives* cristallines, massives ou non stratifiées, constituant l'axe de plusieurs chaînes de montagnes, et les *roches secondaires*, disposées en couches sur leurs flancs et occupant, en outre, les espaces qui les séparent. Les caractères comparés de ces deux classes de roches, auxquelles on a aussi donné le nom de *terrains*, ont fait regarder les premières comme ayant eu à l'origine une fluidité ignée, les secondes comme ayant été déposées dans les eaux, opinion que confirmait la présence de débris organiques marins ou d'eau douce.

Peu après, un système de couches qu'on n'avait pas distingué d'abord, quoique très-considérable, fut constaté entre le

terrain primaire et le terrain secondaire, et on le désigna sous le nom de *terrain intermédiaire* ou de *transition*. Une autre classe de dépôts ayant été reconnue plus récente que le terrain secondaire, on la désigna par l'expression de *terrain tertiaire*. Ces quatre termes constituent toute l'économie du système de classification simple et rationnel des fondateurs de la géologie positive, système que tous les efforts réunis des novateurs peu réfléchis de nos jours n'ont heureusement pas encore détruit.

Classifications diverses.

On comprend qu'une classification géologique doive être faite par les hommes qui ont étudié la nature au point de vue spécial de l'arrangement des roches entre elles, de leurs relations dans les plaines, les collines, les plateaux et les montagnes, qui ont constaté à la fois leurs caractères minéralogiques, leur extension géographique et les corps organisés qu'elles renferment, qui se sont assurés qu'elles ont été déposées dans les eaux, qui se sont rendu compte enfin des diverses sortes d'accidents qu'elles ont éprouvés ou des modifications qu'elles ont subies; mais on conçoit moins qu'un tel travail puisse être exécuté par tout autre que par des géologues pratiques. Cependant on voit bon nombre de ces prétendues classifications des terrains proposées par des personnes plus ou moins étrangères à la géologie, dont le genre d'étude ne leur donnait aucune autorité pour une œuvre dont les résultats sont par conséquent sans valeur. On pourrait distinguer, d'après les principes qui leur servent de base ou qui ont guidé leurs auteurs, *cinq sortes de classifications géologiques*.

Minéralogiques.

Les classifications que nous appellerons *minéralogiques* sont celles dans lesquelles l'étude particulière des roches, au point de vue de leur composition et de leurs caractères physiques, a surtout préoccupé les auteurs. Ces savants ont apporté une grande attention et un soin minutieux à l'analyse des diverses masses qui constituent l'écorce solide de la terre, mais le résultat définitif, même à leur point de vue, ne pouvait conduire à aucun véritable principe de classification naturelle, même pétrographique. Excepté les roches simples ou composées

d'une seule espèce minérale, les autres sont des mélanges en toutes proportions et à tous les états d'un plus ou moins grand nombre de minéraux, de sorte qu'au delà de certaine caractéristique générale pour chaque espèce, l'analyse, la spécification et la dénomination n'ont plus d'utilité réelle, si ce n'est dans l'industrie ou dans les arts, et ne représentent aucune unité scientifique, absolue, déterminée ; le but est dépassé parce qu'on ne s'est pas rendu compte de la limite à laquelle, par sa nature même, cette étude devait s'arrêter.

Or les personnes qui, de ces *classifications des roches*, considérées dans leurs caractères propres et indépendamment de leur âge, ont voulu passer à des *classifications de terrains* sans avoir fait de longues recherches stratigraphiques comparées, ont communiqué à ces classifications le caractère de leurs études favorites. Ces prétendus tableaux de la composition de l'écorce du globe ne donnent qu'une idée générale, vague, fort imparfaite de la réalité, parce qu'elles ne résultent pas d'un examen assez détaillé des relations des roches en place. La considération des fossiles y est d'ailleurs complétement négligée ou n'y figure que pour mémoire, et l'arrangement systématique des matériaux, comme l'harmonieuse consonnance des expressions, ne peut masquer le vide profond qui apparaît dès que l'on veut en faire usage ; c'est une sorte de *roman de la nature*.

Un des savants qui ont le plus contribué à enrichir les collections du Muséum d'histoire naturelle, à y introduire un ordre parfait pendant sa longue administration et dont nous nous honorerons toujours d'avoir été le disciple, a, pendant quarante ans, perfectionné une *classification des roches* qui peut être considérée comme un modèle du genre ; mais sa *classification des terrains* a subi l'influence de ses préoccupations pétrographiques, et malgré la haute autorité du professeur elle n'a jamais pu être appliquée sur le sol ; elle présente en effet tous les inconvénients que nous venons de signaler. L. Cordier, quoique n'ayant pas cessé de voyager jusqu'à ses dernières années, appartenait toujours à l'école de de Saussure, de Dolomieu, de Ramond, de la Métherie, etc., pour qui les

caractères stratigraphiques étaient encore quelque chose d'assez obscur et de mal compris dans ses détails. Ce vénérable savant, dont nous déplorons la perte récente, était le dernier représentant de cette pléiade qui eut son éclat, mais qui devait s'effacer devant cette autre école plus rationnelle dont Alex. Brongniart et M. d'Omalius d'Halloy furent en France les premiers chefs.

Zoologiques. Les *classifications* dues à des zoologistes qui se sont occupés de fossiles offrent un mélange insuffisant et incomplet de certaines données géologiques avec tout ce que leurs auteurs ont pu rassembler de noms de fossiles qu'ils distribuent dans la série des terrains, suivant les renseignements qu'on leur a fournis ou leurs idées personnelles. Parmi ces savants, les uns n'admettent pas que les espèces puissent passer de l'une de leurs divisions dans l'autre ou se trouver dans deux à la fois ; d'autres, plus tolérants, permettent le passage à travers un certain nombre de celles-ci ; enfin quelques-uns ne mettent aucune opposition à la continuation ou à la réapparition des espèces à des niveaux géologiques assez différents. Il va sans dire que lorsqu'un dépôt, quelque considérable qu'il soit, ne renferme point de fossiles, il n'en est tenu aucun compte. Il en est de même des phénomènes physiques qui ont eu lieu pendant la formation de ces dépôts, des caractères minéralogiques des roches, de leur puissance, de leur développement géographique, des actions dynamiques qui les ont affectées, de leur métamorphisme, etc.

Si ces prétendues classifications reposaient au moins sur une étude approfondie et comparative de tous les débris organiques, animaux et végétaux, il en résulterait une masse de documents intéressants et utiles à d'autres égards ; mais chacun prétend établir la sienne d'après le résultat de ses recherches personnelles, avec les éléments toujours incomplets de sa spécialité, bornée à telle ou telle classe. C'est ainsi qu'on a cru pouvoir proposer une classification partielle avec des restes de mammifères terrestres, animaux qui n'ont pas vécu dans le milieu où se sont déposées les couches qui les renferment, qui ont été accumulés par places par des phénomènes locaux

sans aucune corrélation nécessaire entre eux, toujours plus ou moins disséminés, manquant sur de grandes étendues d'une même couche et souvent dans des pays entiers. Telle est la classification exposée par M. P. Gervais (1), qui établit, avec cette seule considération, dans le terrain tertiaire inférieur de la France, trois divisions désignées par les noms de *orthocène*, *éocène* et *proïcène*, deux dans le terrain tertiaire moyen et deux dans le supérieur, auxquelles il faut peut-être ajouter la période de l'homme (*holocène*). Classification et terminologie, l'une n'était pas plus admissible que l'autre.

Il y a trente ans, une classification partielle, fondée sur un principe différent et sur une autre classe de fossiles, celle des mollusques, avait été appliquée aussi aux terrains tertiaires par MM. Ch. Lyell et Deshayes. Ces savants avaient admis qu'il existait, dans les divers dépôts de cette époque, une certaine proportion déterminée d'espèces ayant encore leurs analogues vivants dans les mers actuelles, et que cette proportion était d'autant moindre que les couches étaient plus anciennes. Ils trouvèrent, en comparant environ 3000 espèces fossiles et 5000 espèces vivantes que la proportion de celles-ci par rapport à celles-là était de 3 1/2 °/₀ dans les couches les plus basses, de 17 °/₀ dans celles qui venaient au-dessus, et de 35 à 50 °/₀ dans les plus élevées. Cette proportion devenait 90 à 95 °/₀ dans les dépôts les plus récents que nous appelons aujourd'hui *quaternaires*. La commodité de ce moyen pour apprécier l'âge relatif d'une couche tertiaire sur un point quelconque frappa vivement les géologues et les paléontologistes, et, sans qu'on se rendît bien compte de la valeur réelle du procédé, il eut un grand succès. Mais nous avons fait voir qu'il ne supportait point une analyse rigoureuse et nous reproduisons ici ce que nous avons déjà écrit à ce sujet. Il va sans dire que pour les zoologistes qui n'admettaient pas qu'une seule espèce tertiaire ait son analogue dans la faune actuelle, ce mode d'appréciation était complétement nul.

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, vol. XXXIV, p. 516; 1852.

« Pour mieux juger les questions de ce genre, on pour-« rait les présenter sous la forme suivante : soit *a* le nombre « des espèces *connues* d'un dépôt tertiaire dont on veut déter-« miner l'âge ; A le nombre *total* ou *absolu* des espèces qu'il « renferme ; *b* le nombre des espèces *connues* dans les mers « actuelles ; B le nombre *absolu* de toutes les espèces qui y « vivent ; *c* le nombre des espèces *reconnues* communes à *a* « et *b*, ou au dépôt tertiaire et à la faune actuelle ; C le nombre « *absolu* des espèces fossiles qui ont encore leurs identiques « vivantes. Ces six quantités pourront être mises sous la « forme $\frac{a}{A}$, $\frac{b}{B}$, $\frac{c}{C}$. Dans ces nombres fractionnaires, tous les nu-« mérateurs sont connus, mais les dénominateurs ne le sont « pas, et C, qui est le nombre cherché et non pas *c*, quantité « variable dont on se sert à tort, ne sera obtenu que lorsque « les rapports $\frac{a}{A}$ et $\frac{b}{B}$ le seront eux-mêmes. Dans ces expres-« sions, les numérateurs sont incessamment variables. Si, en « effet, $\frac{a}{A} = \frac{1}{2}$, par suite de nouvelles recherches il pourra « devenir $\frac{2}{3}$, puis $\frac{3}{4}$, puis $\frac{4}{5}$, et enfin, si l'on arrive à connaître « tous les fossiles du dépôt tertiaire, on aura $a = A$. Il pourra « en être de même pour $\frac{b}{B}$; mais la proportion ne croîtra pas « nécessairement dans le même rapport. Ainsi, si $\frac{b}{B} = \frac{60}{100}$, « on pourra obtenir successivement $\frac{b}{B} = \frac{61}{100} = \frac{62}{100} = \frac{63}{100}$, et « ainsi de suite. Mais peut-être n'arrivera-t-on jamais à avoir « $b = B$, condition cependant indispensable pour avoir $c = C$, « c'est-à-dire le rapport exact ou le nombre absolu des es-« pèces du dépôt tertiaire qui vivent encore. A cette con-« dition seule, la partie numérique de la question sera réso-« lue ; mais il restera ensuite à apprécier les causes d'erreurs « résultant de la bonne ou mauvaise détermination des es-« pèces.

« De son côté, M. Agassiz a également fait voir que, zoologi-« quement, la méthode, en apparence si simple et si facile, « des nombres proportionnels était artificielle et devait être

« abandonnée (1). On sait de plus que, pour ce savant, aucune « espèce fossile, même des formations tertiaires les moins « anciennes, n'aurait son identique dans les mers actuelles (2). « Ainsi la méthode serait non-seulement artificielle, mais en- « core établie sur une base absolument fausse. Nous sommes « loin d'admettre des assertions aussi absolues, et nous ne les « reproduisons que pour faire voir le peu de solidité de « certains principes sur lesquels on voudrait asseoir la « géologie elle-même (3). »

Ces *classifications zoologiques*, lorsqu'elles sont générales, ont encore des inconvénients plus graves, c'est que, l'importance d'un système de couches ne dépendant ni de sa puissance ni de son extension géographique, les divers termes de la série des terrains sont tous égaux pour l'œil, et disposés en colonne linéaire continue. Par conséquent, comme nous le disions tout à l'heure, les roches sans fossiles connus y sont omises jusqu'à ce qu'on y en ait découvert. On exagère ensuite l'importance de petites couches ou de petites localités chères aux collecteurs de fossiles, et l'on érige en *étage* un banc de quelques mètres d'épaisseur, connu seulement sur le territoire de quelques communes, et qui représente, dans la série linéaire, une unité de même valeur qu'un système de strates de 10,000 mètres de puissance répandus dans les cinq parties du globe. La classification d'Alcide d'Orbigny a tous les inconvénients inhérents à ce principe. Celle de G. Bronn, quoique beaucoup plus modeste, n'échappe pas non plus tout à fait à la critique. Ces classifications sont comme des *romans historiques* pour lesquels les auteurs empruntent à l'histoire les faits qui leur conviennent et y ajoutent ce que leur propre fonds leur fournit.

Ces deux premières sortes de classification n'ont jamais, on

(1) *Iconographie des coquilles tertiaires réputées identiques avec des espèces vivantes. Nouv. Mém. de la Soc. helv. sc. nat.*, vol. VII, p. 5. Neuchâtel, 1845.

(2) *Neu. Jahrb.* 1845, p. 88.

(3) *Hist. des progrès de la Géologie*, vol. II, p. 520, 1849.

le conçoit, produit de travaux géologiques sérieux, ni stratigraphiques ni cartographiques ; leurs applications ont pu servir seulement dans quelques généralisations ; on peut y puiser des documents, mais rien de plus. L'une exagère l'importance des caractères minéralogiques ou pétrographiques, l'autre celle des fossiles ; toutes deux ont le tort d'être trop exclusives. Elles ont aussi toutes deux une apparence de simplicité qui fait illusion au premier abord et les rend commodes dans l'application superficielle de la science ; aussi les zoologistes et les minéralogistes les adoptent-ils volontiers dans leurs travaux, tandis que les géologues doivent les rejeter comme reposant sur des principes faux ou incomplets.

Physiques ou géométriques

Une troisième sorte de classification plus rationnelle et infiniment plus utile est celle qui repose sur l'observation directe du terrain, sur la détermination en place des rapports d'ancienneté des diverses roches entre elles. Elle résulte des seules considérations stratigraphiques, physiques ou géométriques, et exige l'étude la plus approfondie et la plus attentive des superpositions, des inclinaisons, des directions des couches, de tous les accidents qui peuvent induire en erreur sur leurs véritables relations. Sauf quelques méprises, quelques omissions, que ce genre d'observation ne permet pas toujours d'éviter, on doit reconnaître qu'il est le fondement le plus solide de toute bonne géologie. Aussi ces classifications nous représenteraient-elles assez bien les *chroniques du moyen âge* qui demandent encore qu'une main habile, en les utilisant, en y ajoutant certaines considérations prises dans un autre ordre d'idées, vienne les compléter et leur imprimer un caractère plus systématique dans leur ensemble. La plupart des travaux géologiques officiels des divers États de l'Europe ont d'abord été exécutés, à très-peu près, à l'aide de ces seuls principes, et la *carte géologique de la Belgique*, par A. Dumont, en offre l'application la plus complète.

Dynamiques.

Une idée, qui put séduire d'abord quelques bons esprits, fut de prendre pour base de la chronologie de la terre la succession, supposée bien constatée, des phénomènes dynamiques

qui ont accidenté çà et là, plus ou moins irrégulièrement, sa surface. Mais c'était partir d'un principe faux, car si ces mêmes phénomènes sont soumis, dans leur distribution superficielle, à certaines lois géométriques, ce qui peut être, le plus simple examen fait voir qu'ils ne sont soumis à aucune règle dans le temps, que de grandes portions de cette superficie n'en ont pas ressenti pendant des laps de temps énormes, tandis que sur d'autres ils se sont répétés dans un temps relativement assez court. En outre, dans l'ordre physique pas plus que dans l'ordre politique, des instants de perturbations, de troubles, de violence ne peuvent servir de dates pour une chronologie régulière, et il serait tout aussi illogique de vouloir marquer les âges de la terre par les accidents que certaines parties de sa surface ont éprouvés, que la chronologie d'un peuple par les révolutions, les émeutes et autres circonstances fortuites qui ont momentanément interrompu la marche de son existence normale. Ce principe n'ayant d'ailleurs pas été exposé dans un traité méthodique ni dans une classification générale de la science, mais seulement dans des applications particulières et accessoirement à la terminologie ordinaire, nous n'en parlons que pour mémoire.

Nous sommes ainsi conduit à chercher ailleurs le principe de la chronologie de la terre, c'est-à-dire dans ce qui est régulier. Comme nous évaluons le temps par le cours des astres, il faut le chercher ici dans ce qui est le produit naturel et constant de sa vie propre, dans la succession des phénomènes normaux de sa surface et non dans les accidents produits par des causes internes et indépendantes des lois qui régissent ces mêmes phénomènes.

Indépendance des phénomènes dynamiques et biologiques.

Or, cette indépendance avait été d'abord méconnue; on avait cru à une sorte de solidarité entre les accidents physiques qui avaient leur cause à l'intérieur et les changements survenus à l'extérieur dans les produits de la vie; il y avait entre ces deux ordres de faits, si différents quant à leur origine, une apparence de relation qui pouvait séduire au premier abord. Mais lorsqu'on vint à comparer les terrains des

pays les plus tourmentés et les plus accidentés du globe avec ceux des pays où ils n'ont éprouvé aucune perturbation, on observa que dans les deux cas la succession des couches était parfaitement la même, et que, dans tous deux aussi, la succession des corps organisés que ces terrains renferment était tout à fait comparable.

Ce sera donc dans cette succession des corps organisés, dont nous verrons les espèces en rapport avec l'ancienneté relative des couches, que nous devrons chercher les lois naturelles de la succession de ces dernières dans les pays les plus éloignés de ceux où nous les aurons étudiées d'abord. Nous reproduirons ici quelques passages que nous avons donnés ailleurs, et qui pourront, tout en confirmant ces vues, faire mieux sentir leur importance fondamentale pour la classification des terrains de sédiment et démontrer une fois de plus, s'il était nécessaire, l'erreur profonde où l'on est resté si longtemps sur les soi-disant rapports entre les révolutions physiques du globe et la destruction des animaux et des végétaux à sa surface.

« La faune d'une formation qui finit différant moins de la « faune de celle qui la suit immédiatement que de celle de « ses premiers dépôts, il n'y a pas de motifs suffisants pour « attribuer à une cause violente, purement physique, la différence des corps organisés de deux formations ou sous-divi- « sions consécutives, car pendant la durée de chacune d'elles « il s'est aussi opéré des changements non moins prononcés. « Pour admettre l'influence exclusive des causes violentes « perturbatrices, il faudrait que ce fût l'inverse qui eût eu « lieu (1).

« Les intermédiaires qui viennent relier zoologiquement « des termes géologiques fort éloignés les uns des autres, et « avec lesquels on n'est encore parvenu que rarement à faire « coïncider quelques phénomènes physiques, d'une étendue « bornée dans un sens ou dans l'autre, montrent que ceux-ci

(1) *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 7; 1853.

« n'entrent réellement pour rien dans le résultat général des « transformations successives des types organisés ; autrement « il y aurait des hiatus ou, comme on l'a dit, des *lacunes;* « celles que l'on avait cru reconnaître disparaissent, au con- « traire, à mesure que les études paléontologiques et strati- « graphiques deviennent plus complètes.

« Si les changements physiques qui ont eu lieu sur une « faible étendue, soit à la surface du sol émergé, soit au fond « des mers, étaient la seule cause de ceux que l'on observe « dans l'organisme, on ne voit pas pourquoi ces derniers se- « raient partout dans le même sens et partout aussi contem- « porains et corrélatifs.

« Si des soulèvements plus ou moins étendus n'ont agi que « suivant des fuseaux de la sphère terrestre, après l'un quel- « conque de ces phénomènes, les modifications organiques « qu'il a pu occasionner ne se seront produites que dans un « certain espace soumis à son influence, et, partout au delà, « la faune qui existait aura continué à se perpétuer jusqu'à ce « qu'un autre phénomène du même genre soit venu lui impri- « mer à son tour une influence analogue. Mais cette dernière « ne s'étant pas propagée non plus jusqu'à la zone modifiée « par le premier soulèvement, celle-ci a dû continuer à pré- « senter les caractères que ce premier soulèvement lui avait « fait prendre, et ainsi de suite (1); de sorte que les faunes, « considérées dans leur ensemble, au lieu de se correspondre, « à un moment donné, sur tous les points du globe, et de se « modifier en même temps et de la même manière, offriraient

(1) Nous ne posséderons sans doute jamais les données nécessaires pour apprécier à cet égard l'influence d'un soulèvement quelconque, car il faudrait connaître, outre sa direction et son étendue en longueur, la surface qu'il a affectée, l'élévation à laquelle cette surface a été portée sur ses divers points, enfin la vitesse du mouvement; mais il est facile de voir que son effet a dû être très-restreint, et que, relativement à la loi qui régit la succession générale des êtres organisés, cette influence est comparable à ce que nous avons dit du métamorphisme de contact par rapport au métamorphisme en grand. (*Ibid.*, p. 3).

« au géologue un enchevêtrement continuel de caractères et de « variations qui ne s'accorderaient nulle part. Que le soulè- « vement se soit étendu sur tout un grand cercle de la sphère « ou sur une portion seulement, l'objection reste d'ailleurs « la même.

« Une autre conséquence probable de l'influence exclusive « qu'auraient eue les mouvements brusques et violents, c'est « que, par cela même qu'elle était plus ou moins limitée, il « devrait se retrouver, dans quelques-unes des mers actuelles, « des représentants des formes anciennes, tels que les trilo- « bites qui se seraient perpétués pendant le règne des Am- « monites, des Bélemnites, des rudistes, etc., et, outre que « les faunes auraient persisté plus longtemps sur un point « que sur d'autres, on devrait apercevoir, comme on l'a déjà « dit, des retours à des faunes antérieures, déterminés par « des circonstances analogues de température, de profondeur « d'eau, de courants marins, de nature du fond, etc. Mais « loin de là, une formation étudiée sur les divers points où « se déposaient dans le même moment des sables, des ar- « giles, des marnes ou des calcaires, offre toujours l'applica- « tion de la même loi; les formes organiques ne sont nulle « part interverties, et, sans être spécifiquement identiques, « les types principaux, ou le *facies*, en un mot, de la base, « du milieu et des derniers dépôts de cette formation, sont « partout comparables.

« Ainsi les formes qui ont une fois disparu ne se montrent « plus; leur rôle est accompli; elles font place à d'autres qui « disparaissent à leur tour, et si Linné a dit avec raison : *Natura « non facit saltus*, on peut dire également : *Non retroit natura*. « Nous voyons ces types naître, se développer, puis s'éteindre « en même temps, sous toutes les latitudes, sous tous les mé- « ridiens, ou seulement influencés, dans les périodes les plus « récentes, par des zones isothermes plus ou moins compa- « rables à celles de nos jours. Mais que les couches soient « concordantes sur des épaisseurs de huit à dix mille mètres, « comme dans l'Amérique du Nord, ou que celles du même

« âge nous offrent des discordances à divers niveaux, comme « dans l'ouest de l'Europe, qu'elles soient horizontales comme « en Russie, ou bien redressées, plissées, tourmentées de « mille manières, comme en Belgique et dans les Iles Britan- « niques, les changements survenus dans les animaux, depuis « la faune silurienne jusqu'aux derniers sédiments carboni- « fères, n'ont été ni plus lents ni plus rapides; toujours et « partout la nature organique semble avoir marché du même « pas, insouciante en quelque sorte de ces accidents de l'é- « corce terrestre qui, quelque grands qu'ils nous paraissent, « ont été cependant trop faibles pour l'atteindre, trop limités « pour troubler ses lois.

« Si, d'une part, les données géométriques, accumulées « chaque jour, puis fécondées et systématisées par de sérieuses « méditations et d'élégantes formules, viennent ouvrir un « nouvel et vaste horizon aux spéculations les plus élevées sur « la physique du globe, de l'autre les données paléontolo- « giques se multiplient également, et, sans suivre une direc- « tion parallèle et concordante, viennent prouver l'indépen- « dance générale des deux ordres de phénomènes. Or les « résultats paléontologiques paraissent être ceux dont la con- « stance et l'universalité ont le plus contribué à établir la re- « lation des dépôts dans l'espace et leurs différences dans le « temps.

« Sans doute des soulèvements et des abaissements fort « lents de portions plus ou moins étendues du fond des mers, « des changements de direction des courants, modifiant la « température et les sédiments, ainsi que d'autres causes lo- « cales extérieures qui agissent encore sous nos yeux, quoique « difficilement appréciables, vu le peu de durée des termes « de comparaison dont nous disposons, ont apporté des chan- « gements corrélatifs dans les êtres organisés; mais, s'il n'y « avait pas eu un principe indépendant de ces mêmes causes « séculaires, il en serait résulté, comme des causes instan- « tanées dont nous venons de parler, que les familles, les « genres, les espèces même auraient pu se perpétuer indéfi-

« niment par des déplacements ou migrations, tantôt sur un « point, tantôt sur un autre, et, comme depuis le premier dé- « veloppement de l'organisme il y a toujours eu des eaux à la « surface du globe, les familles, les genres et les espèces n'au- « raient pas été successivement remplacés dans le même ordre, « et pour ainsi dire en même temps, de telle sorte qu'à un « moment donné les diverses mers nourrissaient des animaux « comparables.

« Il semble donc, en résumé, que les phénomènes phy- « siques, soit lents et graduels, soit brusques et d'une grande « énergie, qui n'ont cessé de modifier le relief de la terre, « ayant été locaux, irréguliers et accidentels, ont amené « parmi les êtres organisés des changements très-bornés aussi, « dont on peut souvent tracer encore les limites et déter- « miner le plus ou moins d'importance, mais qu'ils n'ont « pu être la cause des modifications continues, régulières et « générales qu'ont éprouvées ces mêmes êtres depuis les pre- « miers âges géologiques jusqu'à nous, qui voyons se dé- « velopper, non pas sans doute le dernier terme de cette « longue série, mais celui que l'accroissement particulier de « l'espèce humaine devait caractériser. »

Classification méthodique.

Enfin la dernière sorte de classification, qui sans doute doit être regardée comme l'expression la plus approchée de la vérité, est celle dans laquelle on emploie, non pas tel ou tel principe à l'exclusion de tel autre, mais tous les éléments fournis par l'examen direct du sol. Ces classifications apportent avec elles, comme preuve de leur exactitude, des coupes stratigraphiques naturelles, nombreuses, détaillées, verticales et horizontales, indiquant les rapports des couches d'un pays pris comme terme de comparaison, puis des cartes géologiques montrant l'étendue superficielle des divisions établies par les coupes, et en dernier lieu des listes de fossiles indiquant leur distribution dans chaque couche, et par conséquent la nature et l'importance des rapports de celles-ci, de même que les motifs qui doivent déterminer le géologue à les réunir ou à les séparer. C'est ce qu'on pourrait appeler, pour suivre le même

ordre de comparaison, la *classification méthodique* ou l'*histoire critique et philosophique de la terre.*

En résumé, toute classification géologique établie sur un seul principe soit *minéralogique*, soit *paléontologique*, soit *physique* ou *dynamique*, restera toujours incomplète en un point ou en un autre de ses applications.

Les quatre divisions que nous avons vues établies d'abord, dans la série géologique des terrains, devinrent bientôt insuffisantes par suite des recherches multipliées qui obligèrent d'y introduire des sous-divisions de plus en plus nombreuses, de sorte que les mots *terrains primitifs*, *de transition*, *secondaire* et *tertiaire* ne durent plus être regardés que comme des cadres ou divisions de premier ordre que l'on pouvait conserver sans inconvénient, parce qu'ils permettaient autant de sous-divisions que l'exigeaient les besoins des nouvelles découvertes.

En laissant ici de côté les roches dites primitives, soit granitoïdes, soit porphyroïdes ou schisteuses, toujours plus ou moins cristallines, les produits ignés de divers âges, et ne considérant que les roches d'origine sédimentaire, certaines, renfermant ou non des débris organiques, on peut disposer ces dernières, soit sur une seule colonne, les unes au-dessous des autres en série continue dont tous les termes sont supposés égaux, soit au contraire réunies ou associées suivant leurs rapports naturels. Ces associations sont sous-divisées elles-mêmes tantôt sur un point, tantôt sur un autre, d'après leurs caractères stratigraphiques, pétrographiques ou paléontologiques prédominants. Cette dernière disposition dichotomique des *terrains* en divisions de second ordre appelée *formations*, puis de celles-ci en *groupes* et de ces derniers en *étages*, établit avec les classifications des autres sciences naturelles une analogie d'accord avec les faits et qui ne force aucune des relations observées dans des pays différents. En outre, l'introduction d'un nouveau terme à tel ou tel niveau ne change rien à l'ensemble du reste, tandis que dans une série linéaire il trouble toute la série, soit au-dessus, soit au-dessous. Cette dernière d'ailleurs n'est qu'une abstraction qui pouvait venir seulement à l'esprit d'un paléontologiste, exa-

Classification adoptée.

gérant l'importance des fossiles aux dépens de tous les autres caractères et sans s'apercevoir qu'il donnait de la série géologique, non pas une représentation naturelle ni méthodique, mais une véritable caricature dans laquelle la butte Montmartre par exemple, se trouve égaler le mont-Blanc ou, ce qui revient au même, le calcaire grossier de Paris représente une unité aussi bien que le système carbonifère ou le système silurien.

Les anciennes classifications de MM. A. Boué, Alex. Brongniart, d'Omalius d'Halloy, Conybeare, de la Bèche, Lyell, etc., reposent toutes sur le principe dichotomique, comme celles de la carte géologique de la France, de la nouvelle carte géologique d'Angleterre, des cartes de l'Allemagne, de l'Amérique du Nord, etc. C'est aussi celle que nous avons adoptée nous-même depuis longtemps, et que nous n'avons aujourd'hui aucun motif pour changer.

§ 2. Nomenclature ou terminologie.

De même que nous venons d'indiquer les principes sur lesquels reposent les différentes classifications géologiques, de même nous dirons ici quelques mots des nomenclatures ou terminologies destinées à les exprimer et qui sont encore plus variées.

« Au moyen âge, avons-nous dit (1), la chimie naissante, « sous le nom d'alchimie, avait donné aux métaux les noms « des dieux de la mythologie, et l'astronomie les avait reportés « dans le ciel pour désigner les planètes et les constellations ; « de même aussi les premiers géologues *classificateurs* voulu- « rent faire descendre une seconde fois tout l'Olympe sur la « terre. Mais le temps des allégories est passé ; laissons le vieux « Saturne ainsi que ses enfants et leur gracieux cortége de « nymphes et de tritons ; une science dans l'âge mûr doit « éviter d'employer des expressions symboliques quelque in- « génieuses qu'elles soient. »

(1) *Hist. des progrès de la géologie*, vol. I, Introduction, p. XVII ; 1847.

Examen des diverses terminologies

Nous avons vu qu'à la fin du dernier siècle les deux partis qui divisaient la géologie théorique s'étaient rangés, l'un sous le sceptre de Pluton et adoptait aussi le patronage de Vulcain, l'autre sous le trident de Neptune. Par suite on avait donné et l'on donne encore le nom de *roches plutoniennes* ou *vulcaniennes* à celles dont on attribuait l'origine au feu, et le nom de *roches neptuniennes* à celles qui se sont déposées sous les eaux. Mais ce fut plus tard qu'Alex. Brongniart, convoquant pour ainsi dire tout l'Olympe à ses travaux de paléontologie et de géologie et parcourant en divers sens le *Jardin des racines grecques*, donna la nomenclature à la fois la plus mythologique et la plus hellénique. Ces emprunts faits à un autre ordre d'idées et à une langue ancienne ne pouvaient servir que pour les divisions de premier, de second et de troisième ordre ; pour celles d'un moindre degré, mais les plus importantes, parce qu'elles étaient les plus réelles, il fallait en revenir aux dénominations vulgaires, minéralogiques, pétrographiques ou autres, déjà consacrées, de sorte que le cadre seul était empreint d'une certaine harmonie par ses éléments étrangers à la science. Tout le reste était parfaitement discordant et hétérogène, écueil contre lequel sont aussi venues échouer toutes les tentatives faites depuis. Cette terminologie, un peu prétentieuse, eut en France un petit nombre d'imitateurs contemporains, mais au dehors elle n'eut aucun succès.

Les terminologies formées seulement de racines grecques, dans des vues systématiques d'harmonie, de consonnance des mots employés soit dans le sens propre, soit dans un sens figuré, avec tout autant de prétentions à la symétrie, ne sont ni plus heureuses, ni plus exactes, ni plus commodes. Elles introduisent sans aucune nécessité, dans la science, des mots d'une langue où l'on n'en trouve aucun qui s'y rattache ou qui ait jamais été employé dans le sens qn'on lui attribue. Les géologues anglais ne sont pas, à cet égard, restés en arrière de ceux du continent, et ils ont apporté, à diverses reprises, des réminiscences de leurs études classiques dans le domaine de la géologie.

Vers 1830, sir Ch. Lyell, persuadé que le terrain tertiaire

représentait une période qui n'avait rien de commun avec tout ce qui l'avait précédé, en considéra la partie inférieure comme l'aurore d'un nouveau jour et lui imposa le nom d'*éocène* (aurore récente); sa partie moyenne reçut le nom de *miocène* ou de moins récente, et la partie supérieure celui de *pliocène* ou plus récente. Le sens de ces expressions était aussi en rapport avec la proportion supposée des espèces de coquilles fossiles, qui dans chacune de ces trois divisions avaient encore leurs analogues vivants. Mais l'un des inconvénients de cette nomenclature partielle s'est bientôt révélé ; elle s'est trouvée incomplète ; des dépôts plus récents encore ont été reconnus ; il a fallu dédoubler le mot *pliocène* et forger les expressions hybrides de *vieux pliocène*, de *nouveau pliocène*, en les couronnant d'un *post-pliocène*, qui toutes répugnent au bon sens comme au bon goût. D'ailleurs où était l'utilité d'une prétendue nomenclature systématique qui ne se rattache à rien de ce qui est au-dessous, et ne sert qu'à rendre plus choquante ou plus hétérogène encore la classification générale dans laquelle on l'intercale ensuite.

C'est aussi en Angleterre ou du moins par un célèbre géologue de ce pays, sir R. I. Murchison, que le mot *azoïque* (dépourvu ou privé d'*animaux*) a été introduit en l'appliquant aux roches sédimentaires les plus anciennes dans lesquelles on n'avait pas trouvé de fossiles. Mais d'abord ces roches pouvaient renfermer des plantes, ce qui rendait le sens du mot sinon inexact, du moins contraire à l'idée qu'on y attache généralement; ensuite il était possible qu'on vînt à y découvrir des restes d'animaux, et alors il devenait complétement faux ; enfin, une expression impliquant un caractère négatif, qui peut cesser d'être vrai d'un moment à l'autre, et qui en outre peut s'appliquer avec tout autant de raison à une roche d'un âge quelconque, ne peut pas être assignée à un système de couche en particulier sous peine de confusion ou d'erreur manifeste. Mais M. Dana (1) a poussé plus loin à cet égard le dédain de toute logique car il dit : *The term « azoic » as here used im-*

(1) *Manual of Geology*, p. 145; 1863.

plies absence of life but not necessarily of the lowest grades, supposant d'abord que l'expression *azoïque* signifie absence de la vie, et admettant ensuite la possibilité que des organismes inférieurs, soit végétaux, soit animaux aient existé pendant ces dépôts *azoïques*. D'ailleurs on peut dire, en principe, qu'un caractère *négatif* est toujours mauvais, puisque c'est l'*absence* même de caractère.

Un mot qui a prévalu aussi, appuyé sur l'autorité de l'éminent auteur du *système silurien*, est celui de *palæozoïque* (*animaux anciens*, et non *organismes* ou *êtres anciens*, comme on le traduit quelquefois). Cet adjectif ajouté au mot *terrain* comprend l'ensemble des dépôts que nous continuons de désigner par l'expression de *terrain de transition* ou *intermédiaire*. Tout adjectif, pour être admis dans une nomenclature, doit pouvoir être joint aux divers substantifs qu'elle renferme ou peut renfermer ; or, si l'on peut dire une *roche* ou une *couche palæozoïque*, c'est-à-dire renfermant des animaux anciens, on ne peut pas dire une *plante palæozoïque;* ce serait un non-sens; or, la flore en général, comme tous les végétaux en particulier du terrain de transition, se trouve dans ce cas.

M. J. Phillips, adoptant le même mot et voulant rendre plus uniformes les autres grandes divisions, compléta la série dans le même sens en proposant le mot *mésozoïque* (animaux de milieu) au lieu de *secondaire*, et celui de *cainozoïque* (animaux récents) au lieu de tertiaire, que M. Dana a changé récemment en *cénozoïque*. Or, ces mots sont sujets à la même objection que *palæozoïque*, parce qu'ils ne sont pas applicables aux restes des végétaux de ces deux terrains et qu'on ne peut pas plus dire *une plante des animaux récents* qu'*une plante des animaux anciens;* aussi ont-ils été changés par Bronn en *palæolithique*, *mésolithique* et *cénolithique*, qui sont certainement plus exacts dans l'application.

En Allemagne, indépendamment des dénominations locales et suffisamment justifiées que nous y avons vues naître, on a introduit plus récemment les mots *oligocène* et *néogène*, le premier appliqué par M. Beyrich à la base du terrain tertiaire

moyen, le second par les géologues de Vienne par opposition à *éocène*, ce qui est au-dessus de cette dernière formation et qui se divise en ancien et nouveau néogène (*älteren und jüngeren neogenen Bildungen*, Naum.). C'est le *néocène*, Bronn.

En résumé, on voit que ces essais de terminologie avec des racines grecques n'ont pas été faits avec toute l'attention nécessaire pour entrer dans un travail scientifique, méthodique et rationnel, où chaque mot doit exprimer nettement la pensée, être toujours à sa place et construit suivant les règles de la grammaire. Lors même que ceux que nous venons de rappeler auraient ces avantages, ils seraient encore inutiles, puisqu'ils ne font qu'augmenter le nombre des synonymes qui existent déjà, et accroître la confusion sans remédier à aucun des inconvénients actuels (1).

L'un des plus éminents géologues des États-Unis, M. H. D. Rogers, a divisé en quinze parties la série des dépôts de transition de la Pennsylvanie en leur assignant des noms qui indiquent les divers moments de la journée ou le cours du soleil depuis *primal*, *auroral*, *matinal*, *levant*, *surgent*, etc., jusqu'à *seral*, qui désigne le terrain houiller; de sorte que, dans cette nomenclature allégorique, la plus luxuriante végétation qui ait peut-être jamais couvert la terre aurait vécu précisément après le coucher du soleil.

Les terminologies dans lesquelles on emploie des noms de lieux pour désigner certains termes de la série géologique sont sans doute préférables aux nomenclatures mythologiques, grec-

(1) On peut citer, comme un exemple de cette logomachie polyglotte, l'ensemble de dépôts que nous continuons à désigner sous le nom de *formation tertiaire moyenne*, et dans lequel on peut établir toutes les divisions qu'exige chaque localité. La formation *miocène*, simple d'abord, pour M. Lyell, se divisa bientôt en *inférieure, moyenne* et *supérieure;* pour ses successeurs, elle représente les étages *tongrien* et *falunien* d'Alc. d'Orbigny, dont l'un devient l'*oligocène* pour M. Beyrich, l'autre restant *miocène*. Ce dernier se transforme, pour un géologue suisse, en *Tongrien, Aquitanien, Mayencien, Helvétien* et *Œningien*. Les mêmes dépôts ont été compris aussi dans les dénominations de *mollasse*, de *néogène*, de *néocène*, et ainsi de suite.

ques et allégoriques, pourvu que ces noms de pays ne s'appliquent qu'à des divisions ou sous-divisions d'une certaine importance et qui n'auraient pas encore été désignées autrement; mais, comme on l'a dit depuis longtemps, les expressions les plus insignifiantes sont souvent les meilleures.

Aux inconvénients que nous avons déjà signalés dans les classifications linéaires, il s'en joint ordinairement un autre qui résulte de ce que à chaque terme de la série, désigné par une dénomination locale ou autre, on ajoute un numéro d'ordre de 1 à x, ce qui empêche toute intercalation ultérieure d'un nouveau terme dans la série, sans déranger la numération de ceux qui sont au-dessus ou au-dessous. La classification proposée par Alc. d'Orbigny en est un exemple. Il en est de même des nomenclatures alphabétiques dans lesquelles les divisions sont désignées par des lettres au lieu de chiffres, ainsi que l'a fait M. Barrande pour les terrains anciens de la Bohême. Car aucun nouveau terme ne peut être inséré non plus entre deux lettres consécutives sans qu'on ait recours à ces artifices de notation, exposants ou autres, qui jettent de suite de la confusion dans la terminologie générale et sont une cause fréquente d'erreurs. D'ailleurs, si une classification est étendue et un peu détaillée, elle exigera plus de signes qu'il n'y a de lettres dans l'alphabet et le même inconvénient se reproduira.

La disposition dichotomique que nous avons vue généralement adoptée et avec toute raison exige encore que l'on se rende compte de la valeur et du sens des mots qui expriment les diverses associations de sujets, sans quoi il en résulte une confusion ou des non-sens fort étranges, comme ceux-ci, que nous trouvons dans le tableau du Manuel de M. Lyell (1).

La série des couches fossilifères y est divisée en deux grandes classes : *Palæozoïque* et *Néozoïque* (animaux anciens, animaux nouveaux ; on doit supposer qu'il y a un substantif sous-entendu : formation ou terrain renfermant des...). Si nous considérons seulement le terrain néozoïque, nous verrons qu'il

(1) *Manuel de Géologie élémentaire*, trad. française, vol. I, p. 175, 1856.

se divise en *mésozoïque* et *cainozoïque*, c'est-à-dire que le terrain renfermant des animaux nouveaux se divise en deux autres termes, l'un à *animaux moyens*, l'autre à *animaux récents*. Ce terme à animaux récents comprend à son tour quatre termes, désignés par de simples adjectifs : *éocène*, aurore récente ; *miocène*, moins récente; *pliocène*, plus récente, et *post-tertiaire;* enfin, ces quatre termes en renferment huit autres, qui sont les huit premières unités géologiques de la série, et composés de ces mêmes mots auxquels sont ajoutés, soit avant, soit après, une préposition ou des adjectifs qui indiquent leur âge relatif ou leur position relative.

Conçoit-on une succession de mots dans laquelle aucun d'eux n'est compris dans celui qui le précède ou qui le suit, et qui sont associés de manière à ne présenter aucun sens lorsqu'on vient à les mettre les uns au bout des autres pour saisir leurs rapports. Que dirait-on d'un botaniste ou d'un zoologiste qui remplacerait les mots classe, ordre, famille, genre et espèce par des expressions sans aucune relation quant à leur sens propre, ni quant à leur sens figuré, et qui ne présenteraient aucun ordre les uns relativement aux autres?

Le Traité de Géognosie de M. F. Naumann, précieux par le choix comme par le nombre des matériaux qui y sont condensés, est aussi le plus complet que la science possède relativement à la classification et à la terminologie ; on pourrait même dire qu'il est trop complet, car, après avoir conservé comme base générale celle de Werner et laissé dominer dans tout le cours de l'ouvrage la nomenclature allemande dont les éléments ont été introduits successivement, l'auteur y a ajouté un certain nombre de dénominations nouvelles qui lui sont propres et a employé, en traitant des pays étrangers à l'Allemagne, celles qui y ont été proposées à diverses époques; de sorte que le *Lehrbuch der Geognosie* représente en réalité toutes les classifications et les nomenclatures de quelque importance introduites dans la science depuis quatre-vingts ans (1).

(1) Nous avons, il est vrai, suivi cette marche dans quelques parties de

Ce n'est point, on le conçoit, résoudre la question, c'est l'éluder. Quoique le savant professeur ait procédé avec beaucoup d'attention dans l'énumération des faits, qu'il ait comparé avec infiniment de soin les divers horizons partout où ils ont été signalés, il n'en doit pas moins résulter pour les élèves, auxquels le livre est naturellement destiné, les plus grandes difficultés à suivre la description de chaque sujet qui change de nom en passant d'une région dans une autre. Le géologue instruit lira sans doute l'ouvrage de M. Naumann avec beaucoup d'intérêt et de fruit, mais cela ne suffit pas; un traité a une autre mission qu'il ne peut accomplir qu'à la condition d'être simple et clair dans son style, méthodique et naturel dans l'arrangement des idées et des faits (1).

l'*Histoire des progrès de la géologie;* mais, outre que cela nous est arrivé très-rarement, notre excuse se trouvait dans le but et la nature même de notre travail.

(1) Remarquons en passant que la plupart des traités de géologie sont rédigés sous deux influences qui n'ont rien d'éclectique et qui les rendent généralement inférieurs à ceux des autres sciences. Ils sont écrits suivant les idées ou la direction particulière des études de l'auteur, puis d'après les caractères géologiques dominant des pays où ils sont publiés. C'est ainsi qu'un traité de géologie italien, suisse, allemand, belge, français, espagnol, anglais ou américain portera l'empreinte du pays où il est né, et cela au détriment de la science des autres parties du globe; il est destiné à l'usage de telle ou telle localité et à répandre les opinions ou les découvertes personnelles de l'auteur et de ses amis. Nous pourrions citer bon nombre d'exemples de ces soi-disant *Traités, Manuels*, etc., où ce petit système est poussé jusqu'à ses dernières limites, où la surface de la terre est absorbée dans la description sommaire de quelques centaines de myriamètres carrés et où la science des géologues des cinq parties du monde se trouve concentrée dans une seule tête, celle de l'auteur. Nous ajouterons, pour ne pas cesser d'être juste, que, relativement aux *Traités de géologie* et eu égard à l'état général de la science, la France est aujourd'hui au-dessous de ce qu'elle était il y a vingt-cinq et trente ans, et qu'elle est fort en arrière de ce qui a été publié dans ces derniers temps en Allemagne, en Angleterre et en Amérique.

Il va sans dire qu'il n'est point ici question de ces productions *hybrides*, si nombreuses de nos jours, dont les auteurs, sans avoir fait aucune étude pratique sérieuse des sciences dont ils parlent, montrent néanmoins une assurance qui impose aux lecteurs peu instruits sur ces matières et répandent ainsi des idées fausses, souvent contradictoires ou incomplètes.

La diversité des points de vue a sans doute de graves inconvénients, comme on vient de le dire, mais chacun d'eux repose au moins sur une donnée scientifique dans chaque sorte de classification, tandis qu'il y a une source d'erreurs qui n'a réellement aucune excuse possible. Elle consiste à se servir tantôt d'expressions et de mots différents, mais non équivalents ni synonymes, si ce n'est peut-être dans la pensée de l'auteur, pour désigner une même chose ou une même idée, d'ailleurs bien déterminée, tantôt de la même expression ou du même mot pour des choses ou des ordres d'idées tout à fait distincts.

Nous prendrons pour exemple le mot *terrain*, qui est un de ceux dont on a le plus étrangement abusé. Ainsi, dans le même ouvrage, on lira tantôt le *terrain jurassique*, tantôt la *formation jurassique;* plus loin, le *terrain secondaire*, puis le *terrain corallien*, et enfin ce même mot appliqué à une couche accidentelle de quelques mètres d'épaisseur et de quelques kilomètres d'étendue. Plusieurs personnes emploient le pluriel et disent les *terrains jurassiques*, ce qui n'a plus de sens. Nous pourrions en citer enfin qui, après avoir divisé le *terrain jurassique* en *formations*, et les formations en *étages*, subdivisent de nouveau ces *étages* en *terrains!* Que penserait-on de l'esprit philosophique d'un zoologiste ou d'un botaniste qui se servirait du mot *classe*, tantôt au pluriel, tantôt au singulier, ici dans son acception la plus large, là pour les mots *ordre*, *famille*, *genre* et même *espèce*, et qui dirait indifféremment les *ordres des quadrumanes*, les *ordres des chéiroptères*, etc., ou bien la *classe des mollusques*, l'*ordre des brachiopodes*, le *genre Térébratule* et la *classe* de la *Terebratula biplicata?* On voit combien sont méconnus par les géologues les principes les plus élémentaires de la méthode, puisqu'on donnerait ainsi à une fraction, quelquefois infiniment petite, non-seulement la même valeur qu'à l'unité, mais encore qu'à un multiple de l'unité.

Terminologie adoptée. Le langage géologique ne semble pas devoir prétendre de longtemps à la régularité systématique des terminologies zoologiques et botaniques, étant composé de mots tirés de la plupart des langues modernes, de noms de localités, d'expressions

techniques ou même populaires, sans étymologie connue, et qui ne pourraient être remplacés par d'autres sans de graves inconvénients. Aussi nous sommes-nous borné à faire un choix dans ce qui existe déjà et à rendre la nomenclature la plus simple possible en employant les mots les plus usités, les plus vulgaires même, soit français, soit étrangers, ou techniques, rejetant la plupart des expressions tirées de la mythologie ou des langues anciennes, les associations *hybrides* de prépositions latines avec des noms modernes, les adjectifs dérivés de substantifs, les substantifs formés à leur tour aux dépens des adjectifs, et la plupart de ces mots introduits chaque jour sans nécessité, puis adoptés sans réflexion.

Aussi pourrions-nous dire avec un savant botaniste qui continue noblement le nom glorieux qu'il porte : « Une satisfaction « que j'ai éprouvée a été de n'introduire aucun terme nouveau. « Bien plus, il m'a été possible de renoncer sans inconvénient « à deux ou trois expressions techniques dont je m'étais servi « autrefois, et je l'ai regardé comme un progrès (1). »

Nos divisions principales se rapporteront aux mots *roche*, *terrain*, *formation*, *groupe* et *étage*, qui auront chacun un sens fixe et déterminé, indiquant des sous-divisions de moins en moins importantes. Les mots *assise*, *couche* ou *nappe*, *banc* ou *strate* et *lit* exprimeront de même des sous-divisions du mot étage. Afin d'éviter des répétitions trop fréquentes, le mot *époque* sera synonyme de *terrain*, ou employé dans un sens plus restreint pour désigner le temps pendant lequel s'est formé un ensemble de couches déterminées; il en sera de même du mot *série*. *Système* et *période* seront synonymes de *formation*. Le mot *dépôt* sera pris dans une acception générale pour désigner la réunion des couches qui se sont produites pendant une époque, une période, ou bien dans un espace limité.

En résumé, dans cette nomenclature, l'écorce minérale du globe comprend *deux classes de roches* : les *roches sédimen-*

(1) Alph. de Candolle, *Géographie botanique raisonnée*, vol. I, préface, p. XVIII; 1855.

taires et les *roches ignées* ou *pyrogènes*. Les roches de sédiment se divisent en *six terrains*, qui sont les *terrains moderne*, *quaternaire*, *tertiaire*, *secondaire*, *intermédiaire* ou de *transition*, et *primaire*. Chaque terrain ou époque se subdivise en *formations*, *systèmes* ou *périodes*, les formations en *groupes*, et ceux-ci en étages (1). Enfin l'étage a pour sous-divisions les *assises*, les *couches* ou *nappes*, les *bancs* ou *strates* et les *lits*. Les roches ignées sont aussi classées d'après leur âge, connu ou présumé, et leurs caractères minéralogiques.

Ainsi la classification et la terminologie géologiques que nous adoptons, réduites à leur expression la plus simple, seront représentées de la manière suivante.

CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE.

	TERRAINS OU ÉPOQUES.	FORMATIONS OU PÉRIODES.	GROUPES.	ÉTAGES.
ROCHES SÉDIMENTAIRES	moderne.			
	quaternaire.			
	tertiaire.	supérieure.		
		moyenne.		
		inférieure.		
	secondaire.	crétacée.		
		jurassique.		
		triasique.		
	intermédiaire ou de transition.	permienne.		
		carbonifère.		
		dévonienne.		
		silurienne.		
		cambrienne (provisoire).		
ROCHES IGNÉES	primaire.	granite, gneiss, micaschistes (anciens), etc.; roches volcaniques et éruptives de tous les âges.		

(1) Quelques auteurs divisent les *étages* en *groupes*, ce qui nous paraît former un contre-sens évident; car le mot *étage* ne renferme aucune idée collective ou de pluralité, tandis que le mot *groupe* exprime, au contraire, la réunion de plusieurs unités dont la valeur doit être aussi déterminée.

CHAPITRE IV

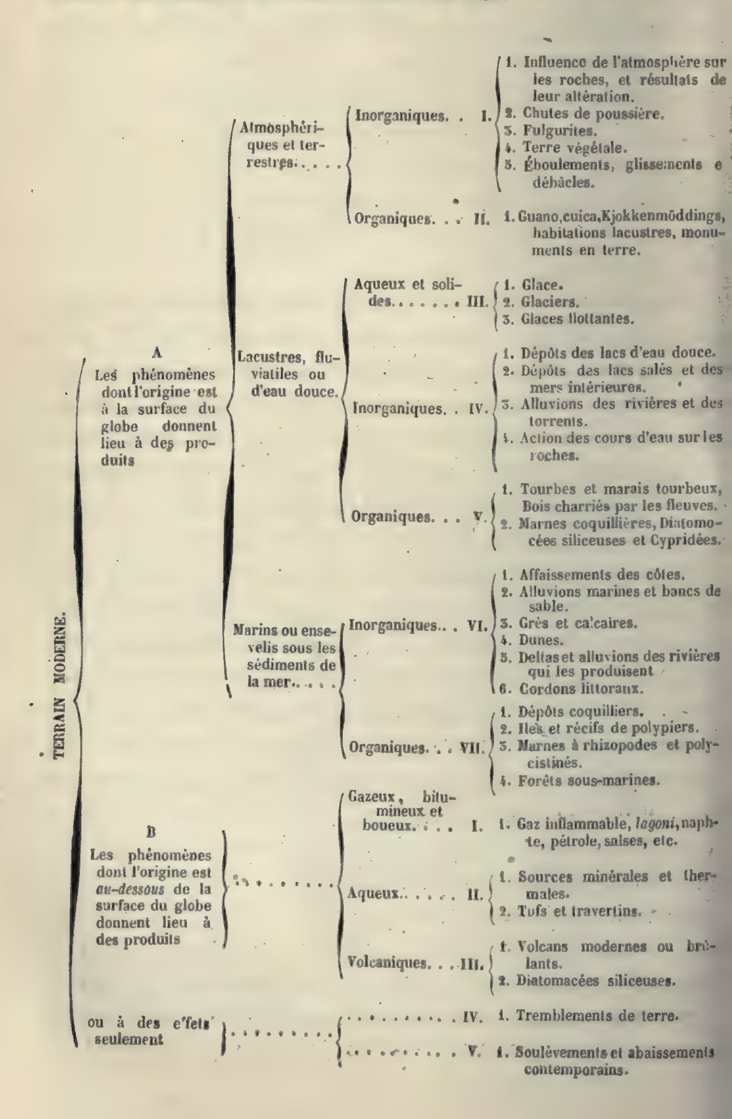
ÉPOQUE MODERNE

Quoique nous soyons loin de penser avec certains géologues que les phénomènes organiques et inorganiques qui se passent sous nos yeux puissent jamais, quelque prolongée qu'on suppose leur action, expliquer tous ceux qui ont eu lieu pendant les époques géologiques et tous les effets qui s'y sont produits, nous devons cependant reconnaître que l'étude des causes et des résultats actuels est la base la plus sûre que nous ayons encore pour l'explication rationnelle du passé.

Mais c'est seulement depuis que cet examen sérieux du présent a pris une direction convenable pour atteindre ce but que l'on a su apprécier, dans chaque fait observé, les circonstances qui pouvaient le rattacher à un fait analogue ayant laissé des traces dans les époques anciennes. Cette tendance à relier les phénomènes de nos jours à ceux qui les ont précédés, non d'une manière hypothétique et vague comme on a vu que cela avait eu lieu pendant longtemps, mais par suite de l'analyse comparative des uns et des autres, est une de celles qui caractérisent le mieux la science moderne. Nous devons donc chercher à nous initier le plus possible à ce qui se passe autour de nous pour remonter ensuite par les lois d'une saine analogie à l'intelligence de faits depuis longtemps accomplis.

Le tableau ci-joint indique les divers sujets ou phénomènes qui constituent pour nous le *terrain moderne*, et il montre

quels sont leurs rapports mutuels. Ils se rangent dans deux grandes classes, dont l'une comprend les produits des causes qui agissant directement à la surface de la terre tendent à la modifier, et l'autre embrasse les phénomènes qui ont leur source au-dessous de cette même surface.



Ces deux divisions correspondent aux deux classes de roches du *Tableau général*, parce qu'à toutes les époques il y a eu des produits de deux sortes et d'origine distincte ; il y a eu des phénomènes internes et des phénomènes externes ; seulement l'activité des premiers s'est de plus en plus ralentie et celle des seconds s'est exercée sur un champ de plus en plus vaste.

Les produits de la première classe sont, suivant leur origine, *atmosphériques*, *terrestres*, *lacustres* ou d'*eau douce* et *marins ;* puis ils se subdivisent en *produits inorganiques* et *organiques*, et ces derniers en *produits animaux* et *végétaux*. Ceux de la seconde classe sont en général inorganiques ; leurs causes échappent encore à l'observation directe ; aussi ont-ils été l'objet de nombreuses hypothèses.

Nous n'aurons à traiter dans ce tableau que les sujets qui se rattachent au règne organique et auxquels nous donnerons nécessairement plus de développement que dans un cours de géologie.

§ 1. De la distribution des vertébrés terrestres.

L'étude de la distribution des êtres organisés, à la surface des terres émergées et dans les eaux, doit, on le conçoit, précéder celle des produits de ces mêmes êtres qui concourent par leurs détritus à la formation et à l'augmentation de la croûte du globe. Il est nécessaire de connaître le degré d'influence qu'exercent aujourd'hui les causes physiques sur la répartition des animaux et des plantes pour en déduire leur plus ou moins d'importance à cet égard ; et comme ces sujets n'ont guère été traités jusqu'à présent, pas plus dans les livres de géologie que dans ceux de paléontologie, qu'ils ne le sont même dans ceux de zoologie et de botanique que d'une manière très-accessoire et nullement au point de vue qui nous intéresse, nous essayerons de les rassembler, de les grouper, de les interpréter ensuite, pour en déduire, s'il est possible, quelque principe, quelque loi d'une application générale.

Idées de Buffon.

L'idée que les êtres organisés ne sont pas distribués au hasard à la surface de la terre et que tous ne se trouvent point partout exigeait des connaissances préalables assez étendues qui ne sont venues que très-tard, et l'on conçoit qu'elle a dû porter d'abord sur les animaux les plus élevés, sur les mammifères. Buffon paraît être le premier qui se soit occupé de ce sujet d'une manière systématique, en présentant une esquisse de zoologie géographique des animaux de cette classe.

On voit, dit-il, que les espèces de nos animaux domestiques d'Europe et les plus grands animaux de l'Afrique et de l'Asie, l'Éléphant, le Rhinocéros, l'Hippopotame, le Chameau, le Dromadaire, le Lion, le Tigre, la Panthère, l'Hyène, le Chacal, la Genette, la Civette, le Rat, etc., n'ont pas été rencontrés dans le nouveau continent, et il en est de même des Gazelles, du Chamois, du Buffle, du Bouquetin, du Chevrotin, du Lapin, du Furet, etc.

Puis il oppose à cette faune de l'ancien continent celle du nouveau, qui comprend le Tapir (à l'époque de Buffon, le Tapir de l'Inde n'était pas connu), le Cabiais, le Paresseux, le Lama, le Jaguar, le Conguar (Puma), et met également en regard les singes des deux continents.

Les animaux des zones froides du Nord ont au contraire un certain nombre d'espèces communes telles que l'Ours, le Cerf, le Chevreuil, le Renne, le Daim, le Lièvre, l'Écureuil, le Hérisson, le Castor, le Loup, le Renard, la Marte, la Fouine, le Putois, le Lynx, le Phoque. Mais ce nombre est beaucoup moindre que celui des espèces propres à chaque continent, et il n'y en a aucune dans les régions chaudes.

De ces faits, l'illustre auteur des *Époques* concluait l'existence d'une communication directe des deux continents par leur partie nord et faisait remarquer en outre que, malgré ce que la disposition relative des terres devait faire présumer, c'étaient plutôt les animaux du nord de l'Europe qui se retrouvent dans le nord de l'Amérique que ceux des terres de l'Asie, qui sont cependant plus voisins.

Les mammifères de l'Amérique méridionale, ajoute-t-il en-

core, sont de dimensions moindres que ceux de l'Afrique et de l'Asie, et il n'y a nulle comparaison entre l'Éléphant, le Rhinocéros, le Chameau, l'Hippopotame, le Lion, le Tigre de l'ancien continent, avec le Cabiais, le Tapir, le Lama, le Jaguar, etc., du nouveau. De plus, tous ceux qui y ont été transportés d'Europe y sont devenus plus petits, et les espèces communes aux deux continents vers le nord présentent également une taille moindre dans le nouveau que dans l'ancien.

Depuis ces premiers aperçus empreints d'une si profonde sagacité, toutes les découvertes apportées par les naturalistes et les voyageurs jusqu'à nos jours n'ont fait que les confirmer. Ainsi s'exprime à ce sujet l'un des plus savants et des plus justement célèbres parmi ces derniers :

Observations de M. Darwin.

« Si l'on considère, dit M. Ch. Darwin (1), la distribution « des êtres organisés à la surface du globe, le premier fait dont « on soit frappé, c'est que ni les ressemblances, ni les dissem- « blances des habitants des diverses régions ne peuvent s'ex- « pliquer par des différences climatologiques ou par d'autres « conditions physiques locales............... Tous les auteurs « s'accordent pour dire qu'une des divisions les plus fonda- « mentales en distribution géographique est celle qu'on ob- « serve entre le vieux monde et le nouveau.

« Cependant, lorsqu'on parcourt le continent américain, de- « puis les provinces centrales des États-Unis du Nord jusqu'à la « pointe sud de la Patagonie, on rencontre les circonstances « locales les plus opposées : des districts très-humides, des dé- « serts arides, de hautes montagnes, des plaines herbeuses, « des forêts, des marécages, des lacs, de grandes rivières et « presque toutes les températures possibles. Il n'est guère de « climat ou de conditions physiques dans l'ancien monde qui « ne trouvent leurs analogues dans le nouveau, du moins jus- « qu'à cette identité de conditions de vie que la même espèce « exige en général....... Nonobstant ce parallélisme des con-

(1) *De l'origine des espèces*, etc., traduct. française par mademoiselle Clém.-Aug. Royer, p. 486 ; 1859-1862.

« ditions physiques entre les deux continents, on constate les « plus énormes différences dans leurs productions vivantes.

« Dans l'hémisphère austral, si l'on compare de vastes ter- « ritoires situés en Australie, dans le sud de l'Afrique et dans « l'ouest de l'Amérique du Sud, entre le 25° et le 35° de lati- « tude, on trouve des régions climatologiques on ne peut plus « analogues à tous égards, et cependant il serait impossible de « trouver trois faunes et trois flores plus complétement diffé- « rentes. On peut encore comparer les productions de l'Amé- « rique du Sud sous le 35° de latitude méridionale avec celles « de l'Amérique du Nord sous le 25° de latitude septentrio- « nale, c'est-à-dire sous des climats très-différents; on constate « entre elles de beaucoup plus grands rapports qu'entre les « productions d'Australie et d'Afrique sous des climats sem- « blables.

« Un second fait non moins frappant dans l'examen des lois « générales du monde organisé, poursuit M. Darwin, c'est que « les barrières, de quelque sorte qu'elles soient, ou les obstacles « de toute nature à la libre migration des espèces, sont en rap- « port intime avec les différences qu'on observe entre les pro- « ductions des diverses parties du monde. Cette loi apparaît « d'abord dans les grandes dissemblances des productions « terrestres du nouveau et de l'ancien continent, excepté dans « les régions boréales où les terres sont si rapprochées et où, « sous des climats très-peu différents du climat actuel, les « libres migrations ont dû être faciles pour les formes adap- « tées aux régions tempérées du Nord, comme elles sont en- « core possibles aujourd'hui pour les productions exclusive- « ment arctiques.

« Le même fait apparaît dans les grandes différences des « habitants de l'Australie, de l'Afrique et de l'Amérique du « Sud sous les mêmes latitudes; car ces contrées sont aussi « complétement séparées les unes des autres qu'il est possible. « Sur chaque continent on constate la même loi : sur les ver- « sants opposés des chaînes de montagnes élevées et continues; « sur les côtés opposés de vastes déserts et quelquefois sur les

« deux rives d'une large rivière, on trouve des productions « très-différentes ; quoique les chaînes de montagnes, les dé-« serts, les rivières n'étant pas aussi infranchissables que les « océans et n'existant probablement pas depuis aussi long-« temps dans leur état actuel, les différences que de telles « barrières apportent dans l'aspect général du monde organisé « ne sont pas aussi tranchées que celles qui caractérisent des « continents distincts.

« Un troisième grand fait, presque compris du reste dans « les deux précédents, c'est l'affinité remarquable de toutes les « productions d'un même continent ou d'une même mer, bien « que les espèces elles-mêmes soient quelquefois distinctes en « ses divers points et dans des stations différentes. C'est une « loi de la plus grande généralité et dont chaque continent « peut offrir d'innombrables exemples.

« Un naturaliste en voyageant du N. au S. ne manque ja-« mais d'être frappé de la manière dont les groupes succes-« sifs d'êtres organisés spécifiquement distincts, et cependant « en étroite relation les uns avec les autres, se remplacent « mutuellement. Il voit des oiseaux analogues ; leur ramage est « presque semblable, leurs nids sont presque construits de la « même manière, leurs œufs sont de la même couleur ; et ce-« pendant ce sont des espèces différentes. Les plaines qui « avoisinent le détroit de Magellan sont habitées par une es-« pèce de Rhéa ou d'Autruche américaine, et au nord des « plaines de la Plata est une autre espèce du même genre ; « mais on ne rencontre ni la véritable Autruche ni l'Émou, qui « vivent cependant sous les mêmes latitudes en Afrique et en « Australie. Dans ces mêmes plaines de la Plata vivent l'Agouti « et le Bizcacha, représentants américains de nos Lièvres et de « nos Lapins, ayant les mêmes habitudes et appartenant au « même ordre de rongeurs, mais présentant dans leur structure « un type américain. Si nous gravissons les pics élevés des Cor-« dillères, nous trouverons une espèce de Bizcacha alpestre ; « si nous regardons les eaux, nous ne trouvons point le Castor « ni le Rat musqué, mais le Coypu et le Capybara, rongeurs

« de types américains. On pourrait citer d'innombrables « exemples du même genre.

« Si nous examinons les îles des côtes américaines, quelque « différentes qu'elles soient du continent par leur nature « géologique, leurs habitants sont néanmoins essentiellement « américains, bien qu'ils présentent parfois des espèces par- « ticulières. »

Observations de M. Pucheran.

M. Pucheran avait établi, dès 1856, que, sous le point de vue de leurs aptitudes locomotrices, il existait une extrême analogie entre les divers types de mammifères habitant les parties nord de l'ancien et du nouveau continent; depuis, il est revenu sur ce sujet, et il a fait remarquer (1) que, lorsqu'on compare les types des deux faunes, on est frappé de la rareté des mammifères ongulés, pachydermes ou ruminants. En Amérique, les premiers manquent presque tout à fait; en Europe, il n'y a que le Sanglier. Parmi les seconds, l'Amérique possède l'*Antilo-capra americana*, l'Europe, le Bouquetin, le Mouflon et le Chamois, habitant les montagnes élevées ou des régions qui se rapprochent déjà de celles où vivent les genres et les espèces dont les analogues sont répandus dans le midi de l'Asie et en Afrique. L'habitat des Cerfs et des Bœufs est moins contestable, mais il n'y a encore que quelques espèces, sans excepter le Renne et l'Élan.

L'Europe et le nord de l'Amérique seraient donc presque entièrement dépourvus de ces genres dont les membres sont allongés, la formule des doigts plus ou moins incomplète et dont la conque auditive offre un certain développement. Parmi les carnassiers, l'Ours, le Blaireau (d'Europe), le Taxidea (Amérique du Nord), la Mouffette (*ib.*), le Glouton sont de formes lourdes et trapues; les membres, peu allongés, sont à peu près égaux devant et derrière; la conque auditive est peu développée. Parmi les insectivores on trouve les mêmes caractères aux genres Taupe (Europe), *Scalops* (Amérique du Nord), Condylure (*ib.*), Desman (Europe), Galemys (*ib.*),

(1) *L'Institut*, 25 avril 1860, p. 141.

Hérisson (*ib.*). Parmi les rongeurs, la Marmotte, le *Castor fiber* (Amérique du Nord), le Campagnole, le Hamster (Europe), le Porc-Épic (*ib.*), offrent des caractères analogues.

Un certain nombre de genres qui ne présentent pas ces caractères ont alors une très-grande extension géographique, mais le nord de l'Europe en renferme peu.

De ce qui précède et d'autres considérations analogues, M. Pucheran conclut que les mammifères qui habitent particulièrement le nord de l'Europe et de l'Amérique sont caractérisés par des formes lourdes, la tendance à l'égalité de longueur des deux paires de membres, toujours courts et trapus, ce qui s'accorde avec une formule complète des os des doigts, cinq aux pieds de devant et de derrière, avec le faible développement de la conque auditive, dont la grandeur serait en rapport avec l'allongement des membres et surtout des postérieurs.

De plus, ces divers résultats se lient, en Europe comme en Amérique, avec les conditions du sol ou ses caractères orographiques, et c'est pour cela qu'il y aurait une sorte d'opposition ou d'antagonisme entre ces deux faunes d'une part et celle de l'Afrique de l'autre, dont le sol est plus généralement aride et sablonneux, tandis que dans les deux portions continentales précédentes il est humide et sillonné d'innombrables rivières. On retrouve en outre dans le nord de l'Asie des déserts, mais sans la température élevée de ceux de l'Afrique, et déjà se manifestent des types de mammifères avec les membres postérieurs et la conque auditive développés comme dans les types africains. Tels sont les genres Cheval, Gerboise et Gerbille.

Lorsque la température moyenne varie, de nouveaux genres, de nouvelles espèces viennent prendre place à côté de ceux déjà existants, et la présence de ces formes dans la faune actuelle du nord de l'Asie peut offrir quelque analogie avec le mode d'apparition de nouvelles espèces et de nouveaux genres dans les terrains de sédiment.

Si dans l'ancien continent seulement on comparait les mam-

mifères du Sud et du Nord, on serait frappé des différences de leurs appareils de locomotion; au Sud, on voit les genres dont les deux paires de membres sont inégales, et les animaux sont essentiellement marcheurs et grimpeurs, comme les ongulés. En Amérique, la même conclusion serait exacte, mais il faudrait tenir compte des modifications profondes de tous les types de l'Amérique du Sud.

Remarques diverses. — Afrique.

Rappelons ici quelques faits particuliers à certaines régions géographiques et dont la connaissance nous sera utile pour nous rendre compte plus tard de la localisation des faunes géologiques.

Les mammifères de l'Afrique, dit M. Pucheran (1), sont surtout remarquables par la grande extension géographique des espèces qu'on retrouve dans les diverses zones du continent. C'est aussi ce qui a lieu à peu près en Europe, mais non en Asie ni en Amérique. Ces mammifères africains manifestent une tendance générale à des modifications dans les proportions relatives des membres antérieurs et postérieurs, soit que ceux-ci se trouvent affaissés ou raccourcis comme dans l'Hyène, la Girafe, le Protèle, le Bubale, soit qu'ils l'emportent au contraire sur ceux-là, comme dans le Macroscélide, l'Hélamys et le Dendromys. Cette inégalité des membres entraîne celle du développement des doigts et par suite la prédominance d'espèces marcheuses, coureuses, sauteuses, et la rareté des espèces nageuses.

Le grand développement de la conque auditive qu'on remarque chez ces animaux est un caractère propre à ceux des pays chauds, qui habitent les déserts et les régions australes. La teinte fauve ou isabelle de leur pelage est aussi très-générale.

On ne remarque point sur ce continent de dégradations physiologiques analogues à celles qu'on observe dans l'Amérique australe, où les insectivores sont remplacés par des édentés.

(1) *Compt. rendus de l'Acad. des sciences.* vol. XXXII, p. 718; 1855. — *Revue et Mag. de zoologie,* 2e sér., 1855; p. 209, 257, 401, 449 et 545.

Considérée sous un point de vue spécial, l'Afrique se divise en quatre zones caractérisées chacune par un genre particulier de rongeur. Ainsi le genre Hélamys caractérise la région du Cap, les genres Aulacode, Cricétomys et Anomalaurus celle de l'Ouest, le genre Acomys celle de l'Est, et les Cténodactyles celle du Nord. Le fait est jusqu'à présent propre à ce continent.

Les oiseaux présentent des résultats analogues aux mammifères. M. Schlegel a aussi remarqué qu'autant les Tortues terrestres sont abondantes sur ce continent, autant celles des eaux douces et marines sont rares.

M. A. Duméril (1), qui indique 193 espèces de reptiles et 183 espèces de poissons dans les parties connues de l'Afrique, remarque d'abord qu'il y en a un certain nombre communes aux côtes ouest et sud ; des espèces d'Égypte et d'Abyssinie se retrouvent au Sénégal ou sur divers points de la Guinée et du Gabon. Plus au sud, sur la côte orientale ou de Mozambique, s'observent des espèces communes aux régions voisines de l'équateur. Ainsi des genres et des espèces de reptiles du Sénégal, de la Guinée et du Gabon à l'ouest, se représentent en Égypte, en Nubie, en Abyssinie, sur la côte de Mozambique à l'est et même dans l'Afrique australe. Cette particularité existe pour des genres spéciaux tels que les tortues d'eau douce à cinq ongles à tous les pieds (*Pentonyx*), les serpents (*Rachiodon*) du Cap, d'Abyssinie et du Gabon, les redoutables Cérastes (peut-être l'Aspic de Cléopâtre?) originaires de l'Égypte et du Cap, les crapauds ongulés (Dactyléthères) du Gabon, de Mozambique et du Cap.

Il est donc impossible, dit l'auteur, de grouper les reptiles africains par régions, et la seule partie du continent située au nord de l'Atlas pourrait faire exception, sans doute à cause de la barrière qu'oppose cette chaîne aux migrations de la faune méditerranéenne vers le Sud.

(1) *Études des lois de la distribution des reptiles sur le continent africain* (*Annuaire scientifique* de P. P. Dehérain, p. 227 ; 1863).

Comme M. Pucheran, M. Duméril attribue cette grande extension géographique des reptiles en Afrique et leur extrême diffusion dans les pays les plus éloignés et sous des latitudes très-différentes à la disposition orographique de la partie centrale du continent. Ce sont des terrasses ou des plateaux étagés les uns au-dessus des autres, particulièrement entre le 5° lat. N. et le 15° lat. S. qui, faciles à franchir, ont dû favoriser la migration des animaux dans les diverses directions.

I. Geoffroy Saint-Hilaire (1) a fait remarquer que presque tous les genres de mammifères africains ont des représentants dans l'Inde, mais pour les reptiles la proposition est moins générale. Parmi les genres communs sont les *Tryonix cyclodermes;* les sauriens présentent les Crocodiles, le Caméléon, et les ophidiens les genres Python, Éryx et Naja ou Serpent à coiffe. Néanmoins les espèces sont distinctes. Les Varans sont aussi communs aux deux continents et de plus à l'Australie, et certains Lézards plus petits, les *Uromastix*, ont présenté 5 espèces en Afrique, 1 au Bengale et 1 à la Nouvelle-Hollande. En général, tout genre qui est à la fois représenté en Afrique et en Australie l'est également en Asie.

Madagascar. « Malgré son voisinage de l'Afrique, l'île de Madagascar est « peuplée d'animaux tellement différents de ceux qui occu« pent les autres pays, que, si l'on avait à la classer d'après « ses productions zoologiques et sans tenir compte de son « étendue et de sa situation géographique, on devrait voir en « elle, comme l'a dit I. Geoffroy Saint-Hilaire, non pas une île « asiatique ou une île africaine, mais bien une terre isolée. »

Les Lémuridés presque tous de cette île sont, les uns crépusculaires comme les Makis, les autres tout à fait nocturnes comme les Chiérogales et les Microcèles ; l'Aye-aye est dans ce dernier cas. En outre les diverses espèces de Tenrec, une Musaraigne, les chéiroptères et d'autres genres moins connus

(1) *Voy. de Bélanger aux Indes orientales*, p. 10 ; 1824.

quant à leurs habitudes prouvent dans toute cette faune une tendance au noctambulisme.

« Tous les mammifères, continue M. Pucheran (1), sont à « divers degrés voués à la vie nocturne, et le caractère général de cette faune montre combien sont susceptibles de variations, suivant les lieux qu'elle habite, les traits d'ensemble « qui la particularisent, et combien doit varier également la « cause, soit initiale, soit secondaire, à laquelle on doit en attribuer la manifestation. Cette cause pour les mammifères « de Madagascar est essentiellement mystérieuse, car il est « impossible de l'attribuer aux grandes forêts qui couvrent le « sol de cette île. Une semblable conclusion entraînerait en « effet à supposer que ces mammifères, qui d'abord n'avaient « pas une vue aussi délicate, l'auraient acquise par l'habitude « de vivre dans un milieu recouvert d'ombrages impénétrables « aux rayons solaires. Or le développement des arbres étant « sans doute plus lent que celui des animaux, une pareille supposition entraînerait celle de l'action de causes secondaires « qu'aucune observation physiologique ne confirme. »

Quoi qu'il en soit, l'auteur ne pense pas que les conditions climatologiques du pays exercent une influence réelle sur ces résultats, car autrement on ne concevrait pas l'absence de ces caractères dans la faune de la côte opposée de l'Afrique. Il doit y avoir en effet, entre les températures de ces deux contrées, beaucoup plus d'analogie que n'en montrent leurs populations de mammifères.

Quant aux reptiles, plusieurs espèces ou genres remarquables s'y trouvent aussi exclusivement et aux îles Mascaraignes. Telles sont, dit M. Duméril (2), les Tortues terrestres du genre Pyxide et la Tortue rayonnée, des Couleuvres arboricoles fort étranges, les *Langaha* et les Caméléons les plus bizarres, soit par l'énorme développement de leur casque, soit par des prolongements plus ou moins considérables du museau. Ils y for-

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences,* vol. XI, p. 192.
(2) *Annuaire scientif.,* etc., p. 236.

ment 11 espèces sur 16 ou 17 que comprend le genre entier. Pour les autres reptiles, comme pour les oiseaux et les mammifères, c'est plutôt dans l'Inde qu'il faut aller chercher leurs analogues que sur le continent africain.

Nouvelle-Guinée.

Une des grandes îles de l'Océanie, la Nouvelle-Guinée, nous présentera aussi des particularités remarquables dans sa population ornithologique. Les 21 genres qui s'y trouvent exclusivement, dit M. Pucheran (1), ont pour caractères communs de présenter des tarses forts, un pouce bien formé, terminé par un ongle courbé, des doigts également allongés, dont les ongles ressemblent à celui du pouce. Ces caractères s'observent aussi dans les espèces propres à ce pays, mais dont les genres, au nombre de 24, sont représentés dans les autres archipels de la mer du Sud. Presque tous ces genres appartiennent à l'ordre des passereaux, où 5 espèces seulement sont à tarses allongés; 1 espèce de Zygodactyle et 6 de l'ordre des colombiens offrent aussi ce dernier caractère, mais, même dans cet ordre, les espèces à tarses courts sont déjà considérables. Les oiseaux de la Nouvelle-Guinée sont donc essentiellement percheurs, aptitude encore particulière aux nombreux alcédidés de l'archipel et à certains échassiers et gallinacés de ce pays.

Une famille particulière, comprenant les *Talegalla*, les *Leiopa* et les *Megapodius*, qui a des représentants aussi aux îles Philippines, aux Célèbes, à la Nouvelle-Zélande et à la Nouvelle-Hollande, se distingue de toutes les autres en ce que les œufs ne sont pas couvés, et ses oiseaux ressemblent en cela aux vertébrés à sang froid.

Les mammifères de ce pays sont infiniment moins nombreux, mais conduisent aux mêmes conclusions. M. Gray en énumère 14 espèces seulement, dont 2 chéiroptères. Chez les 12 autres, on observe, suivant M. Pucheran (2), un développement remarquable des membres postérieurs par rapport aux antérieurs, surtout dans les genres *Dendrolagus*, *Dactylopsila*, *Myoi-*

(2) *Compt. rend, de l'Acad. des sciences*, vol. LIV, p. 380.
(3) *Ibid.*, p. 447 et 561.

ctis, etc. Les espèces représentent ici des types génériques spécifiquement plus multipliés dans les îles de la Sonde et à la Nouvelle-Hollande. Ces dispositions caractérisent des grimpeurs et des grimpeurs arboricoles, et ce sont en effet les habitudes de la plupart des espèces citées. Les deux Kangourous de la Nouvelle-Guinée (*Dendrolagus inustus* et *ursinus*) ont ces mêmes habitudes.

Pour se rendre compte des formes variées propres aux faunes contemporaines, il faut, dit le zoologiste à qui nous empruntons ces données, considérer, comme cause essentielle et première, la constitution physique du pays qu'elles habitent, tandis que le climat ne serait qu'une cause secondaire. « La « végétation la plus active couvre ce point du globe, dit M. Lesson (1) ; elle est ce qu'on doit en attendre sous l'équateur et à « la Nouvelle-Guinée, c'est-à-dire grande, majestueuse, imposante. La surface du sol ne présente qu'une forêt sans fin, » etc. Rien n'est majestueux comme les belles forêts de la Nouvelle-Guinée, dit ailleurs Dumont d'Urville (2), et M. Wallace, comparant sous le point de vue de leurs caractères physiques l'Australie et la Nouvelle-Guinée, dit de cette dernière : « C'est une « vaste forêt toujours verdoyante : *A vast even verdant* « *forest* (3). »

Il y a donc, continue le savant naturaliste français, une entière et complète harmonie entre le caractère général des mammifères et des oiseaux de cette dernière île, d'une part, et les caractères physiques de cet archipel de l'autre. Mais la science est encore impuissante à jeter la moindre lueur sur l'origine de ce rapport. Cette harmonie, comme aurait dit I. Geoffroy Saint-Hilaire, est-elle *préétablie?* est-elle au contraire *postétablie?* Telle est la question de philosophie naturelle qui reste à résoudre ici comme à peu près partout.

Si nous portons nos regards bien loin au nord-ouest, sur ce Les Sandwich.

(1) *Voyage de la Coquille*, zoologie, vol. I, p. 439.
(2) *Voyage au pôle sud*, Relation du voyage, vol. VI, p. 120.
(3) *Ann. and Magaz. of natur. history*, 2e sér., vol. XX, p. 481.

groupe d'îles perdu au milieu de l'océan Pacifique, à d'immenses distances de toutes terres continentales, mais où les phénomènes volcaniques se montrent avec une si terrible énergie, dans l'archipel des Sandwich ou d'Hawaï, nous ne trouverons plus de mammifères, mais des oiseaux caractérisés par la tendance de la mandibule supérieure à se recourber de manière à être beaucoup plus longue que l'inférieure. Les *Hemignatus*, les *Drepanis*, les *Himatione*, les *Moho*, le genre *Psitirostra*, présentent cette disposition qui paraît être en rapport avec le mode de nutrition qui, pour certains de ces genres, consiste à aller chercher les insectes au fond de la corolle des grandes espèces de *Lobelia*. En général, il y a dans ces îles peu d'oiseaux qui se nourrissent exclusivement de matières végétales (1).

Équateur zoologique.

Pour les mammifères comme pour les oiseaux, dès qu'on atteint en Europe les bords de la Méditerranée, et en Amérique, le Mexique, on voit apparaître de nouvelles formes. Ce sont toujours de nouvelles espèces, quelquefois de nouveaux genres et même de nouvelles familles, constamment distincts de ce qui existe au nord. La différence la plus prononcée réside dans les organes locomoteurs. Au sud de cette limite, les membres postérieurs, plus allongés, constituent des animaux essentiellement coureurs, sauteurs et grimpeurs. Ces modifications, attribuées généralement à des conditions de température variées, sont rattachées, par M. Pucheran (2), à la zone physique que Jean Reynaud (3) a désignée sous le nom d'*Équateur de contraction*. Cette zone, qui comprendrait dans son parcours les principales méditerranées et les principaux déserts du globe, serait le véritable *Équateur zoologique* des faunes actuelles. Nous pensons que ces deux propositions de physique du globe et d'histoire naturelle ont encore besoin l'une et l'autre d'une démonstration plus complète.

Australie et îles voisines.

Jetons actuellement un coup d'œil sur les principaux carac-

(1) *Soc. Philomathique*, 1858 ; p. 85.
(2) *Revue et Magasin de zoologie*, 1855 ; p. 305.
(3) *Terre et ciel*, p. 104.

tères des vertébrés terrestres de l'Australie et des terres qui l'avoisinent. Lorsqu'on remonte les temps géologiques on peut supposer que le perfectionnement ou la complexité croissante de l'organisme a pu se faire parfois dans des directions différentes, de manière à produire des embranchements contemporains. Telle serait peut-être l'origine des caractères que nous observons par exemple dans les mammifères et même dans toutes les faunes actuelles de la Nouvelle-Hollande, de la Nouvelle-Zélande, de la Nouvelle-Guinée, qui diffèrent si notablement, surtout dans les classes supérieures, de celles des autres parties du globe.

La flore des stigmariées de la période houillère devait ressembler à celle des îles tropicales de l'océan Austral, où végètent les Mangliers ou Palétuviers, qui couvrent de leurs tiges entrelacées les plages basses et marécageuses. Dans ces îles, dont le climat tempéré, humide, est très-uniforme, règne une flore de cryptogames vasculaires très-riche en fougères, surtout du genre *Pteris*, si voisin des *Pecopteris* fossiles, et cela, au détriment des phanérogames à fleurs, Aussi l'aspect de la végétation est-il uniforme et monotone, comme on peut se figurer qu'était celle du terrain de transition. Les grandes îles de l'océan Austral se font aussi remarquer par l'abondance des protéacées que nous savons avoir caractérisé la période tertiaire inférieure, alors que se développèrent les phanérogames dicotylédones.

La faune terrestre de ces îles est très-pauvre, et quant aux animaux vertébrés, elles ne présentent d'oiseaux que lorsqu'elles se trouvent sur leur passage ou dans le voisinage d'un continent. Les reptiles sont de petite taille, et encore faut-il que les îles aient une certaine étendue. Le petit archipel des Gallapagos, situé sous l'équateur, à l'ouest de la côte du Pérou, fait seul exception avec ses Lacertiens (*Amblyrinchus*) qui nagent jusque dans la haute mer pour y chercher leur proie comme les Ichthyosaures et les Plésiosaures des temps secondaires.

Tous les grands oiseaux aptères, à l'exception de l'Autruche et du Rhea, se trouvent ou se sont trouvés isolés, avant leur

disparition récente, dans les îles dépourvues de forts carnassiers qui les auraient détruits. Les *Notornis*, les *Apteryx*, de la Nouvelle-Hollande, disparaîtront sans doute par suite de l'introduction des chiens dans ce pays. Ainsi ont disparu le Dronte, le Solitaire et une troisième espèce depuis l'occupation des îles Mascaraignes par les colonies européennes.

Les *Palopteryx*, les *Dinornis* et l'*Apterornis*, dont une douzaine d'espèces ont été retrouvées dans les dépôts quaternaires et peut-être plus récents, le souvenir s'en étant conservé dans les traditions des habitants de la Nouvelle-Zélande, n'ont pas eu non plus pour contemporains, sur le même sol, de carnassiers redoutables. Le *Dromains* (Emou) de la Nouvelle-Hollande et le Casoar des îles de la Sonde se trouvent seuls dans des contrées qu'habitent aussi ces derniers. Tous ces oiseaux, excepté le Dronte, appartiennent aux ordres des gallinacés et des coureurs.

A ces oiseaux aux ailes atrophiées, habitants des îles, ajoutons, dit G. Bronn, l'*Alca impennis*, qui vit isolé sur quelques écueils des mers polaires, et les Pingouins, également sans ailes, relégués sur les points extrêmes ou les îles de l'Afrique et de l'Amérique du Sud. Ces types rappellent beaucoup, par les formes de leurs extrémités, les empreintes que l'on a trouvées en si grande quantité sur les dalles du grès rouge de la vallée du Connecticut.

Les mammifères manquent complétement dans les petites îles des mers australes et ne sont représentés dans les plus grandes que par les marsupiaux et de petits rongeurs. Néanmoins les mers voisines sont peuplées de grands cétacés. Les Monotrèmes (Ornithorhynques et Échidnés), de même que les marsupiaux, sont rangés bien loin des mammifères plantaires et se rapprochent, à certains égards, des ovipares; peut-être même les premiers le sont-ils tout à fait. Les mammifères de cette forme, par le système ou le mode de reproduction, par le système osseux et par le système nerveux, présentent, à l'état adulte, les traits particuliers à l'état fœtal tels qu'on les observe dans les monodelphes. Si les monotrèmes sont exclusifs à

l'Australie, on sait que les didelphes existent dans l'Amérique du Sud, mais moins nombreux et moins variés, et que deux espèces se représentent jusque dans l'Amérique du Nord. Enfin, deux genres de tortues d'eau douce sont communes à l'Australie et à l'Amérique du Sud (les Chélodines et les Platémydes), mais l'Australie a ses grands genres propres de reptiles, tels que les Chlamydosaures, des espèces presque serpentiformes avec deux ou quatre membres imparfaits.

Iles de l'Atlantique.

Parmi les îles de l'Atlantique d'Europe, celle de Madère ne nous offre qu'un poisson d'eau douce du genre Anguille, quelques petits reptiles, beaucoup d'oiseaux, mais point de mammifères. Dans les grandes îles de l'Atlantique américain, les reptiles sont nombreux, mais les mammifères ne présentent que quelques rongeurs et des chéiroptères. Les plus grands rongeurs de Cuba et de Saint-Domingue sont le *Capromys* et le *Plagiodontia*, animaux relativement très-inférieurs.

Dimensions relatives des mammifères et des terres qu'ils habitent.

I. Geoffroy Saint-Hilaire (1) a déjà fait remarquer que les dimensions des espèces de mammifères terrestres sont plus ou moins en rapport avec celles des continents ou des îles qu'ils habitent, ce qui se vérifie en effet dans toutes ces dernières, car les plus petites n'en renferment aucun, et les plus grandes nourrissent des espèces dont la taille est proportionnelle à leur étendue. Les îles de la Sonde font seules exception, sans doute à cause de leur ancienne continuité avec les terres continentales voisines.

Cette observation s'applique aux continents eux-mêmes, tels que l'Asie et l'Europe considérées comme un tout par rapport à l'Afrique, et l'ancien continent par rapport au nouveau. Dans un genre donné, les espèces d'un plus grand continent, qui ont été réunies à titre de sous-genre, sont plus parfaites ou présentent à un plus haut degré les caractères essentiels du genre ou de la famille. Elles sont plus diversifiées et plus éloignées des types originaires ou embryonnaires.

C'est surtout parmi les quadrumanes les plus élevés des

(1) *Essai de zoologie générale*, 1841.

mammifères que l'opposition est le plus prononcée, mais on la trouve encore mieux caractérisée dans le développement des facultés que dans les dimensions physiques. Ainsi l'ancien continent renferme non-seulement les plus grandes espèces de singes, par rapport à celles d'Amérique, mais encore celles qui se rapprochent le plus de l'homme par le nombre des dents, la formation catarrhine du nez et le développement du pouce. Les quadrumanes les moins parfaits et dont le cerveau est même déjà parfois dépourvu de circonvolutions, les Lémurs, sont presque tous relégués dans l'île de Madagascar ou disséminés dans les archipels de l'océan Pacifique.

Centre théorique de créations terrestres.

Si donc, dit G. Bronn (1), on pouvait se représenter une île s'agrandissant successivement et se peuplant d'animaux vertébrés à mesure qu'elle tend à acquérir les dimensions d'un continent, on verrait les poissons d'eau douce ne se montrer qu'à mesure que les ruisseaux et les rivières augmentent, et plus tard même peut-être que les reptiles et les oiseaux. De petits reptiles précéderont les grands si le climat est chaud, mais les dipnoaires d'eau douce (amphibiens), quoique inférieurs, ne seront peut-être pas les premiers, parce que le développement des animaux terrestres doit précéder celui des animaux d'eau douce. Quelques oiseaux ne tarderont pas à trouver de quoi se nourrir; mais, tant que manqueront les arbres et les plantes herbacées portant des fleurs, des fruits et des graines et qui alimentent les insectes, les oiseaux appartiendront seulement aux types qui se nourrissent de vers, peut-être de racines ou de poissons au bord des eaux. Il y aura des gallinacés, des coureurs et des échassiers. Les mammifères terrestres apparaîtront les derniers, en commençant par les marsupiaux ou par des ordres inférieurs de rongeurs. Les herbivores viendront probablement avant les carnassiers, et ceux-là avant les frugivores, dont l'existence dépend des plantes et des arbres à fruits.

Ainsi se développeraient les flores et les faunes aquatiques

(1) *Loc. cit.*

et terrestres en rapport avec l'accroissement des surfaces émergées, les habitants de la terre sèche précédant ceux des eaux douces, ceux de la plaine précédant ceux des montagnes, la terre sèche et les plaines étant antérieures à la formation des grands reliefs du sol et à celle des eaux qui en proviennent. Telle aurait été, en général, la marche de la nature, à laquelle Bronn a donné le nom de *développement terripète*.

Évaluations relatives des faunes et des flores modernes et anciennes.

Pour compléter ces généralités, disons encore quelques mots du bilan numérique des faunes et des flores actuelles, telles que nous les connaissons. De 1809 à 1856 le nombre des espèces de mammifères connus à l'état vivant s'est accru de 800 à 2200, suivant Bronn, et celui des espèces de mollusques, qui était de 5000 en 1828, est aujourd'hui de 20,000. Les insectes diptères, qui ne sont, en général, que dans la proportion de 10 pour 100 relativement aux coléoptères dont on compte 30,000, se sont déjà élevés, dans le Würtemberg seulement, par les recherches de M. Roses, à un nombre égal à celui des coléoptères.

On estime à 100,000 le nombre des espèces végétales connues (1) et à 120,000 celui de tous les animaux, mais on peut regarder comme certain que dans les deux règnes il reste encore à découvrir un nombre d'espèces immense, peut-être même égal à celui que nous connaissons. Mais cette supposition ne s'applique qu'aux organismes aquatiques et aux petits organismes terrestres, car il est peu probable que beaucoup de grands animaux aient échappé aux regards de l'homme à la surface des continents ou des îles fort étendues.

Les parties des uns et des autres où l'on peut supposer qu'il ne reste presque plus rien à trouver sont nécessairement celles qu'habitent les peuples civilisés, qui cultivent les sciences, c'est-à-dire certaines parties de l'Europe, de l'Inde, de l'Amérique du Nord et quelques points de l'Afrique et de l'Australie, habités par des colonies anciennes d'Européens. Quant aux voya-

(1) Voy. ci-après, § 7, pour la rectification de ce chiffre.

geurs qui ont traversé tout ou partie des grands continents, longé les côtes, parcouru tout ou partie des grandes îles du globe, ils ont sans doute contribué beaucoup à nous donner des idées générales sur les caractères propres des flores et des faunes qu'ils ont observées rapidement, mais on ne peut pas dire qu'aucune région de l'Amérique centrale et méridionale, que les quatre cinquièmes de la surface de l'Asie, les trois quarts de celle de l'Afrique et les quatre cinquièmes de l'Australie et des îles qui en dépendent soient connus sous le rapport de leurs productions végétales et animales, comme le sont les États de l'Europe occidentale et centrale. On pourrait donc dire, sans exagération, qu'il n'y a pas plus de *un cinquième* de la surface des terres émergées dont la faune et la flore soient suffisamment connues pour conduire à quelques chiffres précis. Quant aux productions de la mer et à celles des eaux douces, qui couvrent plus des trois quarts du globe, il est probable que la proportion du connu par rapport à l'inconnu serait encore moindre.

Nos connaissances, tout incomplètes qu'elles sont, ne laissent pas cependant que de nous permettre quelques généralités sur la distribution des êtres organisés, relativement aux conditions physiques dans lesquelles ils se trouvent : la latitude, la longitude, la hauteur au-dessus et la profondeur au-dessous du niveau de la mer, influant sur la température, le degré d'humidité ou de sécheresse de l'air, la quantité de lumière, etc., circonstances qui réagissent directement sur leur plus ou moins de développement. Ces données nous seront d'ailleurs fort utiles pour nous conduire, par analogie, à juger des conditions physiques sous l'empire desquelles se trouvaient les végétaux et les animaux durant la longue série des temps géologiques.

Les connaissances paléontologiques seront toujours incomplètes.

Cependant, si l'on peut concevoir que l'homme arrive un jour à la connaissance complète de tous les êtres organisés qui contribuent à peupler la terre avec lui, on ne peut espérer qu'il en soit de même relativement à ceux qui l'ont précédé. Quelque longues et persévérantes que soient les recherches des

géologues et des paléontologistes, une très-grande partie, il serait hasardé d'indiquer ici la proportion, échappera toujours à leurs investigations. D'abord il n'y a qu'une faible portion des couches sédimentaires qui soit accessible à leur examen : ce sont leurs affleurements à la surface du sol, soit naturels, soit artificiels, tout le reste se trouvant masqué à des profondeurs plus ou moins grandes ; ensuite, même dans les parties les plus accessibles, nous ne pouvons espérer de retrouver que des traces rares et à peine distinctes d'une multitude d'animaux qui n'avaient aucune partie solide au dedans ni au dehors. Les infusoires sans carapace, les mollusques, les polypes nus, les acalèphes, les radiaires sans test, les vers intestinaux, les annélides arénicoles, les Holoturies, l'immense majorité des insectes n'ont pu arriver jusqu'à nous que dans quelques circonstances tout à fait exceptionnelles et qui ne nous donneront jamais aucune idée de leur développement réel.

Pour les végétaux, les plantes herbacées, monocotylédones ou dicotylédones, n'ont eu aussi que des chances de conservation bien faibles, eu égard au nombre des espèces qui ont existé, et si, pour nous en rendre compte, nous cherchons dans les dépôts modernes ce qu'il y a de plantes et de restes d'animaux plus ou moins conservés et encore reconnaissables, relativement au nombre des espèces vivantes, nous verrons combien se trouverait réduit le tableau de la flore et de la faune de nos jours. Ce mode d'appréciation comparative est cependant le seul que nous offre la géologie.

Mais de ce que nous ne pouvons reconstruire un tableau complet du passé il ne s'ensuit nullement que nous devions renoncer à nous en rapprocher de plus en plus, et rien n'est plus propre à nous encourager dans la continuation de ces recherches que l'immensité des matériaux accumulés depuis trente ans autour de nous.

§ 2. Distribution des animaux aquatiques.

Utilité comparative des animaux aquatiques et terrestres.

La connaissance des lois qui président à la distribution des animaux aquatiques est, on le conçoit, infiniment plus précieuse pour le paléontologiste et le géologue que celle de la répartition des animaux terrestres. Ceux-ci, en effet, ne peuvent se trouver dans les couches que par suite de circonstances tout à fait particulières. Il a fallu qu'entraînés par les eaux superficielles, soit dans les lacs, soit sur les côtes, à l'embouchure des fleuves ou des rivières, plus ou moins loin des lieux où ils vivaient, plus ou moins longtemps après leur mort, leurs parties solides aient été conservées au milieu des sédiments lacustres ou marins où elles ont été ainsi charriées. Ces animaux ne caractérisent donc d'une manière absolue ni le lieu ni le temps où ils ont vécu.

En outre, par suite même de la cause ou de leur mode de déplacement, ils se trouvent répartis dans les couches d'une manière fort irrégulière et sans continuité; accumulés par places, ils manquent sur un grand nombre de points du même dépôt, et cette répartition sporadique leur ôte beaucoup d'importance stratigraphique, en même temps qu'elle rend leur emploi, comme repère, rare, difficile et peu certain dans la géologie pratique.

Remarquons d'ailleurs que les animaux exclusivement terrestres, tels que les mammifères, n'ont paru qu'assez tard avec une certaine abondance; les oiseaux probablement aussi, qui n'ont laissé que des traces beaucoup plus rares, seront toujours d'un intérêt purement zoologique sans application directe, ainsi que les reptiles non amphibies. Les insectes qui se nourrissent du pollen des fleurs n'ont apparu que fort tard dans la création, et leur conservation tient à des circonstances purement locales; enfin, les mollusques terrestres sont à peu près dans le même cas.

L'étude des animaux fossiles qui ont vécu à la surface des

anciennes terres émergées peut être fort utile pour nous faire connaître les conditions physiques de ces terres, leur étendue, leurs reliefs, leur climat, leur température, les associations de végétaux, et surtout pour compléter la série zoologique générale dont ils viennent successivement combler les lacunes, mais elle a beaucoup moins d'importance au point de vue chronologique ou de l'ancienneté relative des dépôts qui renferment ces débris.

Les restes d'animaux aquatiques, au contraire, et surtout les moins élevés dans la série, ceux qui, comme les crustacés, les mollusques céphalopodes, gastéropodes, acéphales, brachiopodes et bryozoaires, les radiaires échinides, stellérides et crinoïdes, les polypiers, les foraminifères et les infusoires même qui naissent, se développent, vivent, meurent et sont ensevelis dans les mêmes conditions, sont les véritables *criterium* de l'ancienneté des couches où nous trouvons leurs débris et qui en sont parfois exclusivement composées. Leur présence comme leurs divers caractères doivent parfaitement nous traduire les circonstances physiques dans lesquelles ces dépôts se sont formés. Il y a donc nécessité pour nous de faire connaître ce que l'on sait de la station et de la distribution des animaux inférieurs dans les mers actuelles et du rôle qu'ils jouent dans la composition des sédiments modernes. Nous commencerons par les mollusques, qui ont d'abord fixé l'attention des naturalistes et qui d'ailleurs ont en même temps un caractère de généralité et une diversité qui justifient les études auxquelles ils ont donné lieu.

Observation diverses.

On ne semble avoir compris qu'assez tard l'utilité qu'il pouvait y avoir à connaître, dans le sens horizontal et dans le sens vertical ou de la profondeur, la distribution des coquilles qui vivent sous les eaux de la mer à des distances plus ou moins considérables de la côte. Ainsi H. T. de la Bèche, en 1838, insérait dans ses *Recherches sur la partie théorique de la géologie* un tableau de M. Brodrip, où sont indiquées *les situations et les profondeurs auxquelles on a trouvé les genres vivants de coquilles marines et d'embouchures*. M. Ed. Gray s'est occupé des *habitats* des mollusques dans les eaux douces, saumâtres ou

tout à fait marines et des genres qui avaient à la fois des représentants dans ces divers milieux. M. Valenciennes a constaté que, d'après un certain nombre de coquilles recueillies dans la mer Rouge, entre Suez et Cosseir, 24 espèces se retrouvaient dans la Méditerranée, tandis que les deux mers n'avaient encore aucun poisson commun. D'autres recherches de détail avaient aussi été publiées à diverses reprises, mais ce ne fut réellement qu'à partir des observations toutes spéciales faites en 1840 par Ed. Forbes (1), dans la mer Égée, que ces études ont pris une importance réelle à cause de la manière méthodique avec laquelle elles ont été dirigées et suivies.

Premières recherches d'Ed. Forbes.

Quelques-unes des conclusions de ce naturaliste ont ensuite paru trop absolues, et des observateurs venus après lui les ont infirmées par d'autres exemples. Peut-être même des expressions élégantes et symétriques qui représentaient la loi de distribution des êtres organisés en profondeur ne restera-t-il plus tard que peu de chose, mais l'esprit fécond et ingénieux de ce savant, sitôt enlevé à ses nombreux amis, n'en aura pas moins tracé un sillon dans une voie nouvelle et fructueuse que sans lui on n'aurait probablement pas de longtemps songé à parcourir. C'est surtout à ce titre que nous exposerons les résultats des recherches d'Ed. Forbes, qui ont servi de point de départ à tout ce qui s'est fait depuis dans cette direction.

A la suite des sondages qu'il a exécutés dans la mer Égée, il y a tracé 8 *régions* distinctes, depuis le niveau de la mer jusqu'à la profondeur de 420 mètres. Ces régions représentent chacune une association particulière d'espèces.

La *première* de ces *régions*, qui ne descend qu'à $3^{m},65$ au-dessous de la surface, est la moins épaisse et la plus riche en espèces animales et végétales. Elle est aussi la plus variée quant à la nature du fond. La *seconde* s'étend de $3^{m},65$ à 18 mètres, la *troisième* de 18^{m} à 36^{m}, la *quatrième* de 36^{m} à 64^{m}, la *cin-*

(1) *L'Institut*, N° 463. — *Ann. des sc. géol.*, vol. I, p. 970; 1842. — *Report on the Mollusca*, etc. (*Rep. 13th. Meet. brit. Assoc. at Cork* (Lonres, 1844, p. 130). — *The Athenæum*, 17 sept. 1843, etc.

quième de 64^m à 100^m, la *sixième* de 100^m à 144^m, la *septième* de 144^m à 192^m, enfin, la *huitième*, qui dépasse en épaisseur toutes les autres réunies, s'étend de 192^m à la plus grande profondeur explorée, que nous avons vue être 420 mètres.

La faune de cette région inférieure est très-distincte de celle des précédentes et remarquable par son uniformité comme par ses espèces propres. Des 65 que la drague a ramenées 11 étaient vivantes. Il y avait 22 univalves dont 3 vivantes, 30 bivalves dont 8 vivantes, 3 mollusques palliobranches morts, provenant peut-être des régions supérieures, 10 ptéropodes et nucléobranches également morts.

Les espèces trouvées vivantes aux plus grandes profondeurs sont : l'*Arca imbricata* et le *Dentalium quinquangulare*, à 420 mètres. L'*Arca lactea* et le *Cerithium lima* sont les deux seules espèces communes aux huit régions. Ensuite 3 espèces sont communes à sept régions (*Nucula margaritacea*, *Marginella clandestina*, *Dentalium novem-costatum*) ; 9 sont communes à six ; 17 sont communes à cinq, et 38 sont communes à quatre.

Parmi les coquilles qui, dans la mer Égée, ont la plus grande étendue en profondeur, un tiers sont des formes de l'Océan, des côtes de France et d'Angleterre, et, parmi celles qui ne se trouvent à la fois que dans quatre des régions de l'archipel grec, un peu plus de 1/5 seulement se représentent dans les mers Britanniques. De ce fait nous pouvons évidemment conclure d'une manière générale, dit Ed. Forbes, que l'*étendue de la distribution d'une espèce dans le sens vertical ou dans la profondeur correspond à sa distribution géographique ou horizontale.*

Les espèces très-circonscrites quant à la profondeur appartiennent soit à des formes propres à la Méditerranée, soit à d'autres plus rares dans la mer Égée, mais qui sont communes dans les mers situées plus au nord. Au-dessous de la quatrième région, le nombre des espèces diminue rapidement, et dans la partie inférieure de la huitième il n'y a plus que 8 mollusques, ce qui semblerait établir pour cette mer la limite de la vie animale à peu de distance au delà de 420 mètres.

Les formes méridionales dominent dans les régions supé-

rieures; dans les inférieures, ce sont celles du Nord; de sorte que les régions en profondeur seraient équivalentes aux degrés de latitude et correspondraient à la loi de la distribution des êtres à la surface des continents où les parallèles représentent aussi les altitudes. Quant à l'influence de ces mêmes régions sur la vie et les caractères extérieurs des animaux marins, on remarque que les coquilles ont des couleurs d'autant plus variées qu'elles vivent plus près de la surface.

Quoique plusieurs causes doivent tendre à mélanger les débris des diverses zones après la mort des animaux qui y vivent, Forbes a pu reconnaître que chaque espèce avait trois *maxima* de développement : en profondeur, en étendue superficielle et dans le temps. En profondeur, une espèce est d'abord représentée par un petit nombre d'individus. Ce nombre augmente graduellement jusqu'à un certain maximum, puis il diminue et l'espèce finit par disparaître. Il en est de même de la distribution géographique ou en surface et de la distribution géologique ou *dans le temps;* mais cette dernière considération ne s'applique nécessairement qu'aux fossiles, et non aux résultats des recherches de l'auteur sur les animaux vivants.

Quelquefois, continue-t-il, les genres auxquels ces espèces appartiennent cessent de se montrer aussi, mais plus ordinairement une espèce de même genre succède à une autre. Les genres ont comme les espèces un maximum de développement en profondeur, et ils sont également remplacés ou représentés par d'autres genres correspondants, loi qui est d'ailleurs commune aux végétaux et aux animaux.

Ed. Forbes a pu faire une application immédiate de ses recherches et en trouver la confirmation dans la petite île de Néo-Kaïmeni, qui apparut en 1707 dans le golfe de Santorin. Les fossiles recueillis dans la couche de pumite qui formait le fond de la mer avant le soulèvement lui ont fait voir qu'il n'y avait que deux régions en profondeur où l'on pût rencontrer une pareille association : la quatrième et la cinquième ; et il arriva à constater qu'en effet ce fond appartenait à la quatrième région, celle qui se trouvait entre 36 et 64 mètres au-dessous de la

surface de l'eau au moment du soulèvement, dont l'amplitude s'est ainsi trouvée limitée entre ces deux chiffres.

Le fond de la mer Égée paraît actuellement, présenter au-delà du zéro supposé de la vie animale, une masse de dépôts homogènes assez semblables à la craie et dépourvus de débris organiques sur une épaisseur de mille mètres et davantage. La zone la plus inférieure, qui a 228 mètres de hauteur, a pour fond un banc jaunâtre, occupé dans toute son étendue par les mêmes animaux, et constituant une roche dont les caractères sont ceux de la craie. Elle renferme aussi des espèces particulières et une très-grande quantité de foraminifères.

Recherches de M. Löven.

Les côtes de Norwége étaient dans le même temps le champ des explorations de M. Löven (1), qui arrivait à des résultats à peu près analogues à ceux qu'Ed. Forbes obtenait dans l'archipel grec. La région littorale proprement dite et celle des laminariées sont partout bien limitées, et leurs espèces caractéristiques ne s'étendent guère au delà. Il en est de même pour la région des algues, qui se développe davantage vers la pleine mer. Mais, de 27 à 182 mètres de profondeur, les régions cessent d'être comparables. On y trouve à la fois le plus grand nombre d'espèces et la plus grande variété dans leurs associations locales. Leur réunion paraît y être déterminée non-seulement par la profondeur, les courants, etc., mais encore par la nature du fond, qui est un mélange de boue, d'argile et de cailloux. Ici les espèces semblent avoir une plus grande extension verticale que dans la région littorale et celle des laminariées, peut-être même s'étendraient-elles jusqu'à la zone profonde des coraux.

Au sud de la partie explorée par M. Löven, cette dernière est caractérisée par l'*Oculina ramea* et une Térébratule ; au nord, par l'*Astrophyton*, des *Cidaris*, le *Spatangus purpureus*, des Gorgones et le gigantesque *Alcyonum arboreum*, es-

(1) *On the bathymetrical distribution*, etc. (*Rep.* 14th *Meet. brit. Assoc. at York*, 1844 (Londres, 1845, p. 50 des Notices). — *L'Institut*, 25 juin 1845.

pèces qui se prolongent aussi bas que la ligne des pêcheurs peut atteindre.

La limite inférieure de la vie animale dans ces mers n'était pas encore déterminée lors des recherches de M. Löven ; et, quant à celle des végétaux, elle se trouverait beaucoup au-dessus des régions les plus profondes où les animaux sont connus. Comme on pouvait le prévoir, les mollusques zoophages prédominent dans les régions inférieures et les phytophages dans les supérieures. L'observation de Forbes, que les espèces des mers Britanniques ne se trouvent dans la Méditerranée qu'à de plus grandes profondeurs, a été confirmée pour les côtes de Norwége. Ainsi les espèces trouvées entre Gothenbourg et la Norwége, à 146 mètres de profondeur, existent au nord sur la côte du Finmark à 36 mètres seulement, et quelques-unes même deviennent tout à fait littorales.

Loi générale de la distribution des espèces dans l'espace et dans le temps.

Relativement à la plus générale des conclusions émises par MM. Forbes et Löven, savoir, *que plus une espèce parcourt de régions verticales*, *ou*, *en d'autres termes*, *plus elle vit à des profondeurs différentes sur le même littoral*, *plus aussi elle se propage sur de plus grandes étendues en surface*, nous avons fait remarquer dès qu'elle nous a été connue, c'est-à-dire en 1845, l'année d'après sa publication, qu'elle n'était qu'une conséquence nécessaire et naturelle de l'une des propositions que nous avons déduites en 1842, avec M. de Verneuil, de nos études sur la faune du terrain de transition. « *Si l'on considère*, disions-nous, *le développement de l'organisme de ces périodes anciennes dans le sens horizontal*, *géographiquement ou dans l'espace*, *on reconnaît que les espèces qui se trouvent à la fois sur un grand nombre de points et dans des pays très-éloignés les uns des autres sont presque toujours celles qui ont vécu pendant la formation de plusieurs systèmes successifs* (1).

Les naturalistes dont nous venons de parler ne considéraient, à la vérité, que les animaux marins vivant dans le même mo-

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, vol. XIII, p. 260 ; 1842. — *Transact. Geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 335; 1842.

ment sous des profondeurs d'eau et dans des circonstances physiques assez différentes, tandis que nous, nous les considérions dans plusieurs périodes successives ; mais il est facile de voir que l'une de ces propositions entraîne l'autre ; car si, comme nous l'avons dit, les coquilles qui ont pu vivre pendant plusieurs périodes à cause de leur organisation plus robuste, devaient être celles qui, toutes choses égales d'ailleurs, avaient pu exister aussi sur des points du globe très-éloignés les uns des autres, il s'ensuit que, dans le même temps, ce sont également celles qui vivent sous l'empire de circonstances les plus variées, soit en profondeur, soit en étendue géographique.

Notre proposition fut confirmée en outre par Forbes lui-même, dans son Examen des fossiles crétacés de l'Inde, et, de son côté, M. H. D. Rogers, dans son Discours annuel à la réunion des géologues américains, le 4 mai 1844, après avoir jeté un coup d'œil rapide sur l'ensemble de la faune fossile des États-Unis, disait : « *Ainsi se trouve démontrée une loi générale importante, loi concernant la distribution des fossiles, c'est-à-dire que les espèces dont la distribution géographique est la plus étendue possèdent aussi la plus grande extension verticale.* »

On voit par ce qui précède que le mode de distribution des espèces de mollusques marins dans le sens vertical et dans le sens horizontal avait été reconnu en quelque sorte pour les faunes les plus anciennes du globe avant de l'être pour celles qui vivent actuellement.

Nous avons dû insister sur cette particularité, parce que, malgré les progrès que les recherches dont nous nous occupons ont faits depuis 20 ans, aucun principe plus général et plus applicable à la nature actuelle comme à la nature ancienne n'a été encore démontré.

Travaux divers d'Ed. Forbes. et de M. Austen.

Ed. Forbes a continué autour des îles Britanniques les recherches sous-marines si heureusement conduites dans une partie de la Méditerranée, et les publications qu'il a faites à ce sujet ont été reproduites en partie dans le *Manuel des Mollusques* de M. Woodward, livre sur lequel nous reviendrons pour d'autres détails. Forbes avait aussi, peu de temps avant sa fin

si prématurée, entrepris une *Histoire naturelle des mers d'Europe*, qui a été continuée et publiée par M. R. B. Austen (1), et dont nous allons exposer les principaux résultats se rattachant à notre sujet.

Les mêmes animaux et les mêmes plantes, avons-nous dit, ne se rencontrent point partout à la surface de la terre, mais les espèces et même les genres sont réunis ou associés de manière à présenter des *régions* ou *provinces botaniques* et *zoologiques* plus ou moins étendues, suivant les limites déterminées par les conditions physiques du pays, tels que le climat et les caractères orographiques et hydrographiques. Chacune de ces provinces n'est pas d'ailleurs tellement distincte de celles qui l'avoisinent qu'un certain nombre de ses espèces ne dépassent ses limites, de sorte que celles-ci ne sont jamais parfaitement tranchées et que l'on ne peut pas dire absolument où l'une commence ni où l'autre finit.

Régions ou provinces zoologiques.

Une *province*, telle que la comprend l'auteur (p. 7), est un espace dans lequel il y a évidemment eu une manifestation spéciale de la puissance créatrice, c'est-à-dire où ont été appelés à vivre les types premiers des animaux et des plantes. Ceux-ci peuvent avoir été mêlés par la suite avec des êtres provenant d'autres provinces et même plus nombreux que les aborigènes, de manière qu'on puisse désigner l'ensemble qui en résulte d'après la province d'où ils ont émigré. La distinction de la population aborigène de celle qui plus tard a envahi la région et la détermination des causes qui ont produit et dirigé l'invasion sont des questions que le naturaliste doit se proposer de résoudre.

Lorsque la flore ou la faune d'une province a été soigneusement étudiée, la diffusion ou la dissémination des individus des espèces caractéristiques montre que la manifestation de la force créatrice n'a pas été la même ou égale dans toutes les parties de l'espace, mais que dans certaines d'entre elles, et c'est ordinairement plus ou moins vers le centre, le développement de

(1) *The natural history of the European seas*, in-12, Londres, 1859.

nouvelles espèces a été plus prononcé qu'ailleurs. Aussi pourrait-on représenter graphiquement une région par une teinte dont l'intensité serait la plus forte vers le centre et qui s'affaiblirait vers la circonférence, ou encore par des cercles concentriques de plus en plus espacés.

Il peut y avoir dans une région des centres secondaires de création, mais nulle part on ne trouve une province entière répétée, c'est-à-dire que dans aucune on ne retrouve la même association d'espèces types. Aucune espèce n'aurait été créée dans plusieurs régions, soit à la fois, soit successivement. Des formes semblables auxquelles on a donné le nom de *représentatives* se montrent sur des points éloignés, mais alors sous l'influence de circonstances physiques analogues, et ce ne sont point des espèces réellement identiques.

Chaque véritable espèce, dit Ed. Forbes, a des traits ou caractères spécifiques qui la distinguent des autres, comme si le Créateur avait imprimé une marque particulière ou sceau sur chaque type d'être vivant : *As if the Creator had set an exclusive mark or seal on each living type*. C'est, comme on le voit, la reproduction littérale d'une des idées de Buffon. Les espèces dont les individus sont distribués sur une surface continue montrent elles-mêmes le phénomène de la centralisation, c'est-à-dire qu'il y a certains points de cette surface d'où il semble que tous les individus de l'espèce ont rayonné.

Comme dans ce que nous connaissons, le rapport des individus de chaque espèce les uns avec les autres montre le phénomène de la succession descendante, dans chaque cas où la parenté d'un individu ou d'un groupe d'individus semblables a été tracée, la souche originaire a été trouvée pareille à lui ou à eux, et nous confondons l'idée de succession avec la définition d'une espèce; nous admettons alors, hypothétiquement, la suite par génération de tous les individus de chaque espèce provenant d'une souche première monœcique ou diœcique, suivant le cas.

Le terme de *centre spécifique* est employé pour désigner ce point particulier où chaque espèce a pris naissance et d'où ses

individus se sont ensuite répandus. Pendant cette diffusion, une espèce a pu s'éteindre dès son point de départ, ou bien elle a pu se perpétuer seulement dans quelques parties de l'espace sur lequel elle s'était propagée. Des groupes d'individus d'une même espèce peuvent se trouver ainsi isolés, séparés par de grandes distances et présenter l'aspect trompeur de deux ou de plusieurs centres de la même espèce. Pour remonter aux causes de ce phénomène, il faut tracer l'histoire des espèces dans le passé, en recherchant leurs rapports avec les changements physiques et géologiques du pays.

Les données paléontologiques montrent aussi qu'il y avait autrefois des régions semblables dans le temps comme dans l'espace. Les espèces sont limitées dans l'un et l'autre sens, et aucune ne se répète ou ne se représente dans la série des âges lorsqu'elle a une fois atteint la limite de sa durée : *No species is repeated in time*. Parmi les espèces fossiles, la distribution des individus montre qu'ils ont été soumis à une diffusion comparable à celle des animaux vivants à partir d'un point initial, ce qui appuie l'idée du rapport de ces individus par la génération continue et leur dérivation d'un prototype ou d'une source première.

Le long de cette suite de côtes qui s'étendent à travers des climats si divers, depuis les régions chaudes et vivement éclairées de l'Afrique jusqu'aux falaises brumeuses et glacées de la Nouvelle-Zemble et du Spitzberg, on ne peut manquer de trouver des associations nombreuses et variées d'êtres animés. Ceux qui habitent les eaux froides de l'océan Arctique doivent différer notablement de ceux qui vivent dans les mers tropicales, tandis que les eaux tempérées qui baignent le littoral de la France et des Iles Britanniques nourrissent une population sous-marine dont les caractères sont intermédiaires entre celle des premières et celle des secondes.

Il n'en est pas de même lorsqu'on se dirige de l'O. à l'E. du détroit de Gibraltar vers la partie la plus orientale du bassin méditerranéen. En suivant ainsi le même parallèle on trouve, comme on pouvait s'y attendre, à mesure que l'on s'avance, les

êtres organisés qui peuplaient son entrée occidentale, mais, si l'on pénètre dans l'espace moins favorisé occupé par la mer Noire, les différences qu'on observe consistent surtout alors dans la rareté ou le petit nombre des espèces, et non dans la présence de nouvelles formes. Dans la Caspienne apparaissent à la vérité des animaux particuliers, dont l'existence serait plutôt en rapport avec son état antérieur qu'avec son état actuel, et ils doivent être regardés comme un témoignage vivant des temps géologiques plutôt que comme des membres de la communauté qui constituent la faune de nos jours.

Provinces des mers d'Europe.

Dans cette étendue des mers océaniques et des mers intérieures de l'Europe, Forbes distingue *six régions* ou *provinces* qui sont pour lui autant de centres de création.

La première ou la plus septentrionale est la *région arctique*, comprenant la portion des mers d'Europe située au delà du cercle polaire; la seconde ou *région boréale* comprend les mers qui baignent les côtes de Norwége, l'Islande, les îles Féroë et les îles Schetland; la troisième ou *région celtique* s'étend autour des îles Britanniques, comprend la Baltique et les côtes de Bohuslan au golfe de Biscaye. A la *région lusitanienne*, ou la quatrième qui vient ensuite, appartiennent les côtes atlantiques ou occidentales de la péninsule ibérique; la *région méditerranéenne*, qui est la cinquième, embrasse, outre le bassin de la Méditerranée, celui de la mer Noire, et la sixième, ou *région caspienne*, est tout à fait isolée des autres.

Les quatre premières et la sixième seraient incontestablement des centres de création; mais pour la région méditerranéenne l'auteur ne paraît pas aussi certain de son indépendance, parce qu'il se pourrait que ce ne fût qu'une suite de stations de la région lusitanienne, comme la Baltique est une dépendance de la région celtique, la mer Blanche de la région arctique, etc. D'un autre côté, il y a tant de particularités et des faits si importants dans la faune méditerranéenne, d'ailleurs bien circonscrite physiquement, qu'on peut, sans inconvénient et pour plus de commodité, la considérer comme une unité organogénique indépendante.

Causes extérieures influentes de la répartition des faunes.

La distribution des animaux marins est d'abord déterminée par les influences du climat ou de la température, la profondeur et la composition de l'eau de la mer dans laquelle la pression et la diminution de la lumière sont aussi des éléments à considérer. Ces diverses circonstances peuvent être combinées de manière à compliquer le caractère de la faune d'une région particulière, comme on l'observe dans les mers arctiques. Les influences secondaires qui modifient ensuite les effets des principales sont également nombreuses, et nous signalerons les suivantes comme devant être prises en considération dans les recherches paléontologiques.

Structure des côtes.

La *structure de la côte*, résultat des caractères minéralogiques des roches qui la constituent, peut agir sur la distribution de familles particulières, en ce que tous les animaux marins dépendent, pour leur subsistance, de la présence de plantes marines et des animaux qui s'en nourrissent. Toutes les roches ne sont pas indistinctement favorables à la végétation des plantes. Des surfaces couvertes de sable peuvent en être complétement dépourvues, ou bien offrir des végétaux propres seulement à la subsistance de certaines espèces. Par conséquent toutes les familles d'animaux peuvent exister ou manquer le long d'une côte, suivant sa structure et ses caractères pétrographiques, quoique les autres conditions soient favorables à leur propagation. En outre, l'extension et la diffusion de toutes les familles peuvent être restreintes à des espaces moins étendus que leurs facultés ne le comportent, s'il se trouve une barrière naturelle occasionnée par un changement brusque dans le relief du sol ou du lit de la mer. La distribution des coquilles perforantes, Gastrochènes, Pholades, Lithodomes, etc., serait aussi affectée par des changements de cette sorte, puisque beaucoup d'entre elles ne creusent leurs cavités que dans des roches calcaires ou très-calcarifères. La nature minéralogique de la côte influera donc aussi sur leur présence ou leur absence.

Formes des côtes.

Les *contours ou les formes de la côte* ont également une grande action pour régulariser la diffusion des espèces. Un ri-

vage très-découpé est favorable à la vie sous-marine ; une ligne de côte droite et exposée aux vents est au contraire désavantageuse, quoiqu'il y ait certains animaux qui se plaisent à recevoir le choc des vagues, et que d'autres, malgré leur délicatesse apparente, bravent volontiers la violence de ces dernières.

La *nature du fond* détermine sur une grande étendue la présence ou l'absence de formes particulières de mollusques, d'autres invertébrés et même de poissons, car la distribution des animaux doit s'accorder avec celle de la nourriture qui les alimente. Suivant que le fond est de vase, de sable, de gravier, de coraux, de coquilles brisées, de pierres ou fragments de roches, ou encore résulte du mélange de ces divers éléments, la ligne, le filet ou la drague rapportent des êtres différents. Nature du fond.

Les *marées* modifient aussi ces influences ; la hauteur à laquelle elles s'élèvent ou la distance à laquelle elles s'avancent pour redescendre ensuite est très-importante, en ce qu'elle détermine la présence ou l'absence des espèces qui habitent la zone littorale. Les coquilles que l'on trouve entre les hautes et basses marées sont influencées dans leurs formes et leurs dimensions par cette circonstance même. C'est entre ces deux lignes que l'on peut chercher avec le plus de succès les Méduses, dont l'organisation et les contours si délicats sembleraient ne pouvoir supporter l'agitation des flots. Marées.

Les *courants*, indépendamment de leur action directe pour modifier le climat et la température de l'eau, agissent encore d'une manière très-notable par le transport et, peut-être plus que toute autre cause, contribuent à la diffusion des plantes, des animaux, des germes d'une multitude d'êtres qui sans eux auraient été fixes et stationnaires, et qui se trouvent ainsi transportés de district en district et rapidement étendus sur de vastes surfaces. Même les espèces fixées, si elles sont attachées à des corps flottants tels que des bois susceptibles d'être déplacés, se propageront au loin de la même manière. Courants.

L'influence du *climat* se manifeste par la diminution du nombre des genres et des espèces lorsqu'on remonte du S. au Climat.

N. Dans les eaux des régions méridionales de l'Océan ou de la Méditerranée, la variété des types et l'abondance des espèces se font remarquer; dans celles du Nord c'est le contraire, quoique par une sorte de compensation le nombre des individus dans chaque espèce soit assez grand pour balancer le petit nombre de ces dernières. Ce fait s'observe dans les animaux vertébrés comme chez les invertébrés, chez les poissons comme chez les mollusques.

Ainsi, dans la Méditerranée, il y a 227 genres de poissons, dans les mers britanniques 130, dans celles de la Scandinavie 120; le nombre des espèces est dans la première de 444, dans les secondes de 216, dans les troisièmes de 170. Les mollusques, abstraction faite des nudibranches et des tuniciers, sont représentés par 155 genres dans la Méditerranée, par 129 dans les mers britanniques et par 116 dans celles du Nord; le nombre des espèces dans ces trois régions est exprimé par les chiffres 600, 400 et 300.

Mais le climat n'est pas la seule cause des changements observés dans les faunes et les flores, les modifications nombreuses que présentent les côtes de ces diverses régions dans leurs caractères géologiques, changent également l'aspect physique du littoral, la conformation du fond de la mer voisine et sa nature. Les variations dans les formes de la surface du sol émergé ou immergé influent sur la distribution des animaux marins, en ce qu'elles favorisent leur extension au delà de la région à laquelle ils appartenaient primitivement, ou bien la restreignent dans des limites au contraire moins étendues que les conditions climatologiques et leur organisation ne le comportaient.

Composition des eaux.

La composition des eaux, continue Ed. Forbes, est également une circonstance des plus importantes agissant sur les êtres organisés qui y vivent. Leur degré de salure ou de douceur détermine la présence ou l'absence de nombreuses formes de poissons et d'animaux invertébrés. En Europe, les résultats de cette influence se manifestent dans les régions situées le plus au Nord aussi bien que dans celles situées au Sud. Ainsi dans la région arctique le petit nombre des espèces, dans les

endroits peu profonds, est dû à la douceur comparative de la couche supérieure des eaux; dans la Baltique les eaux sont complétement modifiées ; dans la mer Noire les caractères particuliers de la faune locale sont limités et en partie déterminés par ceux de cette portion du bassin méditerranéen que modifient son isolement presque complet et les grandes rivières qui s'y jettent; enfin dans la Caspienne les eaux sont d'une nature très-différente de celles de l'Océan.

Dans beaucoup de localités très-limitées, telles que les *lochs* de l'Écosse, les fiords de la Norwége et dans un grand nombre d'estuaires, la surface des eaux peut être douce ou presque douce, tandis que les couches inférieures sont aussi salées que la pleine mer; d'où il résulte que l'on trouve sur un même point des êtres organisés pour différents degrés de salure d'eau, vivant non-seulement près les uns des autres, mais en quelque sorte étagés les uns au-dessus des autres, comme on l'observe dans un bras de mer situé dans le district rocheux et sauvage de Connemara, en Irlande. La profondeur y est de 27 à 36 mètres, et les animaux qui habitent le fond sont essentiellement marins ; ils ne peuvent vivre dans la couche d'eau supérieure, presque douce, où pullulent, au contraire, des entomostracés qui ne pourraient pas supporter les eaux saumâtres du fond. Cette circonstance, observée par Forbes sur beaucoup d'autres points du littoral, expliquerait, suivant lui, l'aspect particulier que présentent souvent les poissons fossiles contournés, comme s'ils étaient morts dans des convulsions, circonstance qui aurait pu se produire par leur passage de l'eau salée inférieure dans l'eau douce supérieure. Mais nous craignons que le savant naturaliste anglais ne se soit laissé entraîner ici dans ses déductions, car on sait que bon nombre de poissons vivent à la fois dans les eaux salées et les eaux douces, et quant à ceux qui vivent exclusivement dans l'eau salée il est peu probable qu'ils s'approchent des côtes où l'affaiblissement de la salure est aussi prononcé dans de petites baies ou fiords et dont la couche d'eau de moindre salure n'a d'ailleurs que quelques mètres d'épaisseur.

Profondeur des eaux.

L'influence de la *profondeur* de l'eau sur les caractères de la vie marine est bien évidente et se manifeste sur tous les points, car partout on trouve des animaux et des plantes distribués de manière à former des bandes ou zones successives, depuis la limite de la haute mer jusque dans les abîmes les plus profonds d'où l'on ait ramené des êtres organisés. Des êtres particuliers habitent chaque zone en profondeur, tandis que d'autres sont communs à deux ou à un plus grand nombre d'entre elles, mais aucun ne semble parcourir toutes les zones ou vivre à la fois sous toutes les conditions bathymétriques de haut en bas. Néanmoins le *facies* propre d'une zone donnée de profondeur est tel, suivant Forbes, qu'il suffit de jeter un coup d'œil sur une collection de ses habitants pour pouvoir assigner sa place ou le niveau qu'elle occupe sans l'aide de la ligne ou du plomb.

Zones bathymétriques.

Dans la portion océanique des mers d'Europe on distingue, en hauteur, à partir du rivage, *quatre zones* successives bien marquées. La *première* est la zone littorale, représentant l'espace compris entre la haute et la basse mer. Ses caractères sont aussi prononcés là où les marées sont le plus faibles que là où elles sont le plus fortes. Elle est habitée par des animaux et des plantes qui peuvent supporter l'impression périodique de l'air, les effets de la lumière directe, de la chaleur du soleil et de la pluie. Elle est accidentellement recouverte par des eaux douces. Lorsque la mer s'éloigne de la côte, elle laisse à découvert beaucoup de genres et d'espèces propres à cette zone, mais qui n'y sont pas encore disséminés au hasard dans toute son étendue ; ils y sont, au contraire, distribués dans des zones secondaires que l'on peut suivre sur la plage à marée basse, et que l'œil le moins expérimenté distingue par leurs différentes teintes.

La *seconde zone* est celle des plantes marines ou zone des laminariées ; elle s'étend de la limite de la basse mer à une profondeur variable, suivant les lieux, mais qui ne dépasse pas 27 mètres. Elle est également sous-divisée par des bandes d'algues de diverses couleurs. Elle présente une nombreuse population d'animaux qui lui sont propres, de poissons, de crusta-

cés, de mollusques et autres invertébrés des diverses classes, tous remarquables par la vivacité et la variété de leurs teintes; c'est la plus riche des quatre.

La *zone des corallines* succède à celle des *laminariées;* elle est fort étendue et descend jusqu'à 54 mètres; les lithophytes ou polypiers cornés, les corallines et les hydrophytes y abondent. Elle commence à la limite de la zone des plantes marines, principalement où règnent les nullipores, végétaux qui simulent des minéraux par leur aspect et leur solidité et qui offrent la disposition la plus favorable au frai des poissons. Les animaux vertébrés et invertébrés sont ici fort nombreux, mais les plantes y sont rares.

La *quatrième*, et la plus basse des zones d'êtres organisés marins, est celle des *coraux des mers profondes*, ainsi désignée à cause des grands polypiers pierreux qui la caractérisent dans l'Océan d'Europe.

Dans les grandes profondeurs le nombre des espèces propres est peu considérable, mais il suffit pour lui imprimer un caractère spécial, tandis que les autres espèces qui proviennent des zones supérieures doivent être regardées comme des *colonies*.

A mesure que l'on descend, les êtres organisés se modifient de plus en plus, deviennent plus rares et indiquent qu'on s'approche des abîmes où la vie ne montre plus que de faibles témoins de ses forces. La limite absolue reste d'ailleurs indéterminée, et nous verrons bientôt qu'elle descend en réalité beaucoup plus bas qu'on ne le pensait lorsque Forbes écrivait. C'est, on le conçoit, dans l'exploration de cette vaste zone inférieure que le champ des découvertes qui restent à faire est le plus étendu.

Par sa disposition toute particulière, le bassin de la Méditerranée offre aussi, dans la répartition des êtres organisés qu'il nourrit, des caractères qui lui sont propres.

Les six régions des mers d'Europe.

Forbes et son continuateur, M. R. G. Austen, passent ensuite à l'examen détaillé des *régions arctique*, *boréale*, *celtique*, *lusitanienne*, *méditerranéenne* et *caspienne*, mais nous ne les

suivrons pas dans cette partie de leur livre, la valeur de plusieurs de ces régions ayant été contestée, comme nous le dirons plus tard, et ensuite notre but n'étant point l'étude approfondie de la distribution des êtres organisés vivants, mais seulement de rechercher les causes générales qui les font varier sur les divers points du globe et influent sur leur distribution géographique et bathymétrique, de manière à nous éclairer sur les changements plus ou moins semblables que nous rencontrerons dans l'examen des faunes et des flores antérieures.

M. Austen a fait suivre la description des régions précitées par des réflexions sur quelques-unes de ces causes dont les influences déterminent la distribution de la vie marine et les changements qu'elles y occasionnent. La partie du livre, qui est entièrement due à ce dernier savant, nous offre des considérations intéressantes que nous exposerons comme pouvant être utiles au même titre que les précédentes, dont elles sont en quelque sorte le développement et le complément.

Mais nous devons faire remarquer ici que si nous voulions remonter aux causes premières de la plupart des effets que nous avons déjà indiqués et de ceux dont il nous reste à parler, il faudrait de toute nécessité entrer dans le domaine de la météorologie. Les effets de la chaleur à la surface variant suivant la position du soleil, combinée avec le mouvement de rotation de la terre et modifiée par la disposition relative des eaux et des continents, l'élévation et les contours de ces derniers, etc., produisent dans le sens des méridiens et dans celui des parallèles tous les changements climatologiques et les phénomènes que nous observons. Les courbes isothermes, isothères et isochimènes, la région des glaces polaires et des neiges perpétuelles sont la traduction graphique de ces effets, et il faut avoir leur disposition constamment présente à la pensée lorsqu'on s'occupe de la distribution des êtres organisés, végétaux et animaux, à la surface des continents aussi bien que dans les eaux.

(P. 217.) Sans entrer, comme nous venons de le dire, dans le détail des *régions* ou *provinces*, de leur composition particulière, de leurs rapports ou de leurs différences, nous recherche-

rons ici plus directement les principales causes qui concourent aux changements que présentent ces divers groupes ou associations d'êtres organisés, lorsqu'on se dirige du N. au S. et de l'O. à l'E. Ces considérations de M. R. G. Austen tendent en outre à affaiblir l'importance qu'Ed. Forbes attribuait à ses régions et à faire voir que leurs limites sont moins tranchées qu'il ne le pensait.

L'influence la plus générale et la plus directe sur les changements d'une faune est celle qu'exerce la température. La ligne de côtes que nous avons considérée dans ce qui précède s'étend en Europe sur un développement de 1200 lieues de latitude et se prolonge au delà jusqu'aux Canaries.

Sur les côtes russes de l'océan Arctique, la température moyenne des deux mois d'hiver est de — 15° cent. C'est la température moyenne de l'hiver du Spitzberg dont les côtes sont bordées de glaces du mois d'octobre au mois de mai. Cependant une faune de mollusques vit à une certaine profondeur au-dessous. Température d'hiver.

La côte occidentale de la Scandinavie offre comparativement une douce température. Depuis le cap Nord presque jusqu'à Bergen, elle se relève de — 5° à 0, et, sur ce dernier point, la mer ne gèle que trois fois dans un siècle. La portion de la côte où règne la température la plus basse, du cap Nord aux îles Lofoden, est celle qu'atteint la faune caractéristique du bassin arctique. Les côtes d'Islande, dont la température de l'hiver est celle du cap Nord, montrent aussi une association de mollusques arctiques.

La surface de la Baltique éprouve un froid d'hiver beaucoup au-dessous de celui de la côte occidentale de la presqu'île scandinave, qui lui correspond en latitude. Ainsi à l'extrémité supérieure du golfe de Bothnie la température est celle de la côte arctique. Dans le golfe de Finlande on a le froid du cap Nord. Cette basse température de la partie septentrionale de la Baltique explique la pauvreté de sa faune, comparée à celle de sa partie sud.

En dehors de l'Europe, la mer d'Aral et le nord de la mer

Caspienne ont des températures d'hiver semblables à celle de l'océan Arctique.

Des environs de Bergen aux parties méridionales de la Suède et de la Norwége s'étend l'association de mollusques et d'autres animaux qui constituent la *faune boréale* ou *scandinave*. Avec une température d'hiver un peu plus élevée que la précédente, cette partie de la côte occidentale d'Europe montre un accroissement notable dans les éléments composants de sa faune, comparée à la faune arctique.

Les côtes des îles Britanniques, les golfes intérieurs et les détroits qui les séparent ont une température d'hiver qui se maintient entre 4°,44 et 0°. C'est l'hiver froid du nord de l'Adriatique et des parties sud de la mer Noire et de la Caspienne.

La *région celtique* est plus riche que les précédentes ; les formes du sud commencent à s'y montrer, et nulle part la relation directe de la distribution des animaux avec la température n'est plus frappante. Lorsque la mer gèle, comme dans l'hiver de 1854 à 1855, on peut juger de l'effet du froid sur une partie de la faune qui s'y trouve exposée. Les surfaces couvertes d'eaux peu profondes laissées par la marée basse ainsi que les vases et les plantes marines mises à découvert furent gelées, et les animaux de la zone littorale périrent pour la plupart. Pendant plusieurs mois, dit M. Austen, on vit sur la côte sud de l'Angleterre, le long de la ligne des hautes marées, les débris accumulés des mollusques littoraux morts de froid. Il en fut de même dans le Firth de Forth, en Écosse, et les possesseurs de parcs à Huîtres savent aussi les ravages qu'exerce la gelée lorsqu'elle atteint les mollusques qui font l'objet de leur industrie. On conçoit donc qu'une suite d'hivers, dont la température serait inférieure de quelques degrés à la moyenne habituelle, suffirait pour détruire toute la faune de la zone littorale comprise entre la haute et la basse mer; elle altérerait les proportions relatives actuelles des espèces côtières et donnerait à la faune marine, prise en général, un tout autre caractère.

Une température moyenne d'hiver de 12°,22 règne le long des côtes sur le pourtour de l'Espagne, de la Sicile et de la Grèce. Gibraltar et les côtes sud de la Méditerranée ont une température plus élevée de quelques degrés.

Ainsi depuis l'océan Arctique jusqu'au milieu de la Méditerranée la différence de la moyenne température de l'hiver est un peu plus de 27° (de — 15° à + 12°,22 = 27°22).

L'influence de la température de l'été est le mieux marquée par l'extension ou la distribution des formes méridionales. Ainsi la partie des côtes d'Angleterre où l'on trouve au mois de juillet une moyenne de 18°, comme les extrémités sud-ouest du Devonshire et du Cornouailles, est celle où l'on observe quelques formes rares de poissons et de mollusques méridionaux. Il y a, à ces relations générales entre la température et le caractère des faunes, des exceptions qu'il est nécessaire de mentionner, car elles peuvent servir à expliquer des anomalies plus ou moins analogues que nous rencontrerons dans l'étude des faunes géologiques. Température d'été.

Sur la côte nord de la Galice, par exemple, la baie de Vigo montre, suivant M. Andrew, une association de mollusques d'un caractère tout à fait exceptionnel pour cette latitude et rappelant celui d'une faune du Nord. Peut-être serait-ce un reste d'une faune antérieure de formes septentrionales et qui aurait conservé son aspect originaire par suite d'une température locale plus basse comparée à celle du reste du golfe de Biscaye. Par le même motif, il n'est pas nécessaire de supposer que les formes méridionales qu'on observe à la pointe sud-ouest de l'Irlande proviennent de migrations du Sud, et elles résulteraient des conditions locales particulières de cette côte sous le rapport de son exposition et de sa température. Quant à cette hypothèse de migration, nous aurons occasion d'y revenir en traitant des dépôts quaternaires.

Les considérations précédentes ont aussi engagé M. Austen à rechercher les causes de ces associations locales de formes organiques du Nord que Forbes désignait sous le nom d'*outliers* dans plusieurs parties de la région celtique. On ne peut se Associations locales de mollusques arctiques.

rendre compte de leur présence par aucune circonstance en rapport avec la disposition actuelle des courants ou tout autre mode de transport. On trouve de ces réunions particulièrement dans le voisinage de la Clyde, autour des Hébrides et sur la côte orientale du Firth de Murray. Il est probable qu'il y en a d'autres près de Nymph-Bank, sur la côte sud-est de l'Irlande et dans la mer d'Allemagne. Ces lambeaux isolés sont ordinairement situés dans une dépression profonde de 145 à 182 mètres et davantage, constituant des associations de mollusques plus septentrionaux que la région au milieu de laquelle ils se trouvent compris (*Cemoria noachina*, *Trichotropis borealis*, *Natica groenlandica*, *Astarte elliptica*, *Nucula pygmæa*, *Terebratula caput-serpentis*, *Crania norwegica*, *Emarginula crassa*, *Lottia fulva*, *Pecten danicus*, *Neræa cuspidata*, *N. costata*, *N. abbreviata*).

Ed. Forbes a essayé d'expliquer ces particularités en supposant que le lit de la mer, lorsque la faune générale avait un caractère plus septentrional que de nos jours sous cette même latitude, fut soulevé et qu'alors des portions les plus profondes où vivaient certaines formes particulières restèrent submergées. Une partie de l'ancienne faune aura été détruite, et les espèces qui pouvaient supporter des modifications dans leur extension verticale auront continué à vivre, tandis qu'une nouvelle faune sera venue peupler les parties les moins profondes après le soulèvement. Ces circonstances ont dû produire par places le mélange des deux faunes, comme l'a constaté M. Jeffreys. Sur le Turbo-Bank de la côte d'Antrim, par 45 mètres de profondeur, on a rencontré 21 espèces de coquilles arctiques, boréales, celtiques et lusitaniennes, toutes mélangées et vivant ensemble. On conçoit d'ailleurs que des modifications dans la direction des courants marins, dans le relief des continents voisins et bien d'autres causes peuvent ne pas se faire sentir à de grandes profondeurs et à une certaine distance des côtes, et par conséquent ne pas influer sur les populations qui les habitent, tandis qu'elles réagissent sur celles de leur voisinage immédiat. L'étude des terrains nous offrira souvent des effets semblables.

Température de la mer.

Malgré la tendance de la surface des masses d'eau à se mettre en équilibre de température avec celle de l'air qui repose dessus, de nombreuses expériences ont démontré que, dans une large zone s'étendant à environ 50° au nord et au sud de l'équateur, la moyenne température de la surface de l'Océan est un peu supérieure à celle de l'air. En outre, il existe une ligne s'étendant d'un pôle à l'autre et suivant laquelle règne une température constante de 3°,89. La profondeur de cette ligne au-dessous de la surface varie avec la latitude. Sous l'équateur, elle est à environ 1500 mètres et elle atteint la surface même des eaux vers les latitudes N. et S. de 66°.

On a dit combien s'augmentait la richesse de la faune atlantique lorsqu'on s'avançait du N. au S.; cette augmentation dans la variété des types spécifiques qui caractérisent les régions des latitudes méridionales a lieu surtout pour les zones littorales et sub-littorales comprises entre la haute et la basse mer, puis pour la zone des laminariées descendant à 27 mètres, et elle doit être attribuée à l'influence de la température extérieure.

Or la ligne d'égale température dont nous venons de parler s'enfonce, à partir de la surface vers le 66° et en se dirigeant vers l'équateur, à raison de 39^{m},52 par degré de latitude, de sorte que, sauf les conditions de lumière et de pression, il y a, sous chaque latitude, un point ou mieux une zone déterminée où les formes organiques boréales et arctiques retrouvent leur température originaire. On pourrait donc supposer *a priori* l'existence d'une distribution de formes arctiques suivant des lignes bathymétriques de température. Ainsi un animal exigeant une température donnée, de 4° par exemple, devra s'enfoncer de près de 40 mètres pour chaque degré qu'il émigrera vers le S. De même, si la température d'une certaine région venait à être élevée, les formes littorales devraient pour continuer à vivre descendre à une plus grande profondeur. Mais en réalité, ajoute M. Austen, il n'en est pas absolument ainsi dans la nature, l'extension des espèces, dans le sens horizontal et dans le sens vertical, n'étant pas limitée d'une manière aussi absolue, et la relation de la distribution en profondeur par rap-

port à la latitude n'a rien non plus de rigoureusement déterminé.

Néanmoins la zone de température constante de 3°,89 vient confirmer ce que nous avons dit précédemment des zones de latitude en profondeur et des zones correspondantes en altitude qui semblent converger au nord vers un point zéro, situé au niveau de la mer. Ainsi les observations thermométriques directes sont d'accord avec les données zoologiques et botaniques, et les conditions physiques et organiques sont concordantes de l'équateur vers les pôles, car la ligne des neiges perpétuelles forme, au-dessus de la mer, un horizon comparable à celui que la ligne de 3°,89 forme au-dessous.

A Mogador, sur la côte occidentale de l'Afrique, par 31° 30', M. Andrew a trouvé 110 espèces de mollusques testacés, dont une partie remontent au nord jusque sur les côtes d'Angleterre ; mais en rangeant ces espèces en deux séries, suivant les profondeurs d'où il les avait obtenues, il reconnut que 88 de ces espèces s'étendaient depuis la côte jusqu'à $54^{m},60$ de profondeur, et que toutes étaient des espèces propres aux côtes d'Afrique et de Portugal ou lusitaniennes, tandis que des 32 espèces draguées de 63 à 91 mètres, 26 étaient des espèces de la région celtique. Cet exemple prouve, comme on le voit, la généralité du principe que les zones en profondeur représentent les degrés en latitude.

Composition de l'eau de mer.

Passant à la composition de l'eau de mer, M. Austen regarde comme très-constante celle de l'Atlantique, prise à la latitude du détroit de Gibraltar ou à celle des Hébrides ; mais il n'en est pas de même de l'eau des mers intérieures et de celle des côtes qui diffèrent de celle de la pleine mer. La zone sub-littorale est, comme on a vu, celle du maximum de la vie marine ; or c'est suivant la ligne des côtes qu'on observe les modifications de l'eau, depuis son excès de salure, sa salure normale, son état saumâtre jusqu'à l'eau tout à fait douce, modifications qui dépendent de la quantité de surface d'évaporation et de la température, de l'apport des rivières, de l'action égalisante des vents et des marées, etc.

La densité de l'eau à la surface est moindre que celle des grandes profondeurs, et le degré de salure s'accroît dans le même sens. L'eau de la surface contient aussi moins d'air que celle des profondeurs, et la différence peut aller jusqu'à 1/100 du volume total. En outre, les analyses des eaux de la mer Noire, de la Caspienne et de la mer d'Azof montrent que, bien que les sels y soient les mêmes, les proportions en sont différentes. Or ces conditions si diverses de l'eau de mer ont une grande influence sur les associations locales de la vie marine.

Eaux saumâtres.

Sur les bords de toutes les mers, partout où il y a de profondes anfractuosités dans le contour des terres émergées, où les rivières, les torrents et les fleuves apportent leurs eaux, où les marées et bien d'autres causes ont accumulé des bancs de sable, de cailloux, s'avançant au delà de la côte originaire, la composition des eaux éprouve des changements notables. Des lacs d'eau saumâtre se forment ; des lagunes, des estuaires dont l'eau est plus ou moins douce constituent des *habitats* particuliers pour les mollusques, et où certaines espèces purement marines s'établissent aussi, en montrant la faculté qu'elles ont de s'adapter à de nouvelles conditions. On voit ainsi jusqu'où peut s'étendre le changement de leurs habitudes sans les détruire, et qu'il est essentiel de prendre ces faits en considération dans l'examen des faunes géologiques.

Faune des eaux saumâtres.

La faune d'eau saumâtre des mers d'Europe que nous étudions varie beaucoup, suivant la région à laquelle elle appartient. Dans la région celtique, par exemple, les *Rissoa*, *Assiminia*, *Neritina*, *Conovulus* et *Truncatella* préfèrent habituellement les embouchures des rivières qui ont des estuaires ou des marais bas le long de la côte. La *Littorina littorea* s'avance bien au delà de l'eau pure de la mer, mais paraît en souffrir. Le *Limnea pereger* s'aventure plus bas. Les *Scrobicularia* et la *Mactra solida* sont les coquilles d'estuaires les plus caractéristiques ; elles y atteignent leur maximum de développement. Le *Cardium edule* est commun ainsi que la *Mya arenacea*, mais tous deux de petites dimensions. Le *C. edule*, rencontré dans un lac d'eau saumâtre de l'île d'Arran, avait une coquille mince,

fragile et habitait, non le sable, mais au milieu d'une végétation de *Conferva crassa*.

Sur les côtes du Devonshire et surtout dans les estuaires par lesquels les cours d'eau se jettent dans la mer, M. Cloyn Austen a remarqué que les mollusques qui vivent dans les anses de la côte où les eaux douces se réunissent aux eaux salées sont peu nombreux en espèces. Le *Mytilus edulis* vit près des ouvertures qui avoisinent le plus l'eau salée. Le *Cardium edule*, la *Mactra compressa*, les *Venus verrucosa* et *reflexa* remontent plus haut et sont très-répandues. A la marée basse et lorsque les eaux des rivières sont hautes, ces mollusques sont complétement recouverts par les eaux douces et n'en paraissent pas souffrir. Les *Pholas dactylus* de la plage de Teignmouth sont à la basse mer recouvertes par l'eau douce, et il en est de même des Tarets qui ont détruit les piliers du pont où l'eau douce les baigne chaque jour pendant plusieurs heures.

Les genres d'eau douce, proprement dits, ne paraissent pas descendre dans les estuaires pour s'exposer au contact de l'eau salée. Ainsi les *Unio*, les Limnées, les Planorbes, les Paludines se tiennent à une certaine distance au-dessus des points où les eaux se mélangent, et leur présence dans l'eau salée n'est due qu'à une circonstance fortuite. Après la mort des animaux et leur destruction, les coquilles, devenues plus légères, sont facilement entraînées lors des grandes crues, et, transportées avec les sédiments, elles sont déposées sur les côtes voisines de l'embouchure des ruisseaux, des rivières et des fleuves avec les produits marins du littoral.

Plus au sud, comme dans la région lusitanienne, poursuit M. Austen, les gastéropodes d'eau saumâtre précédents sont remplacés par des Cérites, des Mélanies, des Ampullaires. Les Corbules, quoique quelquefois des mers profondes, suivent les habitudes des Myes, et, dans les régions plus chaudes, se montrent dans les eaux saumâtres. Une modification graduelle des formes peut être tracée depuis le type de vraies Corbules jusqu'à celui des Potamomyes, suivant la nature du milieu dans lequel les coquilles se trouvent. Les Corbules vraies ont été rencontrées

aux divers passages des eaux douces aux eaux salées lorsqu'on remonte jusqu'à la série crétacée, puis dans les couches fluviomarines tertiaires de l'île de Wight, où abondent les Potamomyes.

Les conditions analogues produisent d'ailleurs des associations analogues, ainsi que cela ressort de la comparaison des faunes de la Baltique et de la mer du Nord.

Beaucoup de mollusques pulmonés des îles Britanniques se sont habitués aux eaux peu salées du golfe de Bothnie, et il en est de même dans la mer d'Azof. Sur les côtes de l'Asie Mineure, Ed. Forbes a fait connaître les changements occasionnés, par les divers degrés de salure des eaux, dans les caractères de certaines formes d'eau douce, de même que les modifications réitérées des eaux douces, saumâtres et salées, sur les Paludines, les Mélanopsides et les Néritines. Ces genres offrent trois modes de changements si singuliers et si différents qu'à la première vue on croirait avoir sous les yeux des espèces distinctes.

Nouvelles remarques sur l'influence des circonstances extérieures.

Nous avons déjà dit, d'une manière générale, que la nature de la ligne des côtes et la composition des dépôts qui constituent le lit de la mer, à différentes profondeurs, exercent une influence réelle sur le caractère général et la richesse de la vie marine. Ainsi les coquilles qui vivent fixées ou qui perforent des cavités pour s'y loger exigent des roches solides, résistantes. Les *Mytilus*, les Chitons, les Patelles, les Haliotides, les Cyprées, etc., occupent les côtes rocheuses et pierreuses; quelques coquilles perforantes préfèrent ou exigent des roches calcaires, telles que les Gastrochènes, les Saxicaves, les Lithodomes. Les Pholades ont été rencontrées dans des grès quartzeux et même dans des roches cristallines anciennes.

L'abondance des plantes marines détermine, dans les zones supérieures, celle des Phasianelles, des *Rissoa*, des *Lacuna* et des Littorines. Les côtes granitiques et celles formées de schiste ou de grès semblent être plus favorables à la végétation marine que les roches calcaires. Les sables sont surtout habités par les Myes, les *Solen*, les *Donax*, les Tellines, les Mactres, les *Tapes*,

les *Venus*, etc. Dans toutes les mers, une grande quantité de coquilles habitent les vases sableuses ou boueuses, mais il y a, en avant de la plupart des lignes de côtes, une bande de sable pur, comprise dans le mouvement des marées, qui, après un certain temps, est entraînée de nouveau et que l'on peut appeler la zone de *sable du drift*. Cette zone est, on le conçoit, très-défavorable au développement de la vie marine, et l'on n'y trouve que des fragments de coquilles provenant des autres zones. M. Austen a pu draguer l'espace de 30 milles sur une côte semblable sans rencontrer un seul être vivant.

Les *Scrobicularia*, les *Neæra*, les *Isocardia* se plaisent dans les boues profondes. Mais les plages de cailloux, qui vers le bas passent à des sables mobiles, ne sont pas favorables à la vie animale. Plus au large, et sur les points où les bancs de Peignes sont établis, il y a ordinairement une faune de mollusques plus riche, plus variée, ainsi que des Ophiures.

Les roches qui s'élèvent brusquement des eaux profondes ne peuvent être parcourues par la drague non plus que les fonds rocheux, mais la quantité de coquilles mortes trouvées dans le voisinage montre que les conditions de ces surfaces favorisent le développement de la vie marine. Les gastéropodes y abondent ainsi que les bryozoaires branchus.

Distribution comparative des mollusques dans les mers d'Europe.

Les coquilles bivalves ont une plus grande extension ou distribution que les gastéropodes, mais les proportions relatives de ces deux divisions des mollusques dépendent, pour chaque faune locale en particulier, de la nature de la côte. La grande disproportion qu'on observe entre eux sur les côtes rocheuses des îles Canaries, par exemple, tiendrait à cette cause. Les gastéropodes rampants y sont très-abondants, tandis que la plupart des bivalves sont des espèces fixées d'Huîtres, de Spondyles, de Chames, etc.

Dans la mer du Nord, depuis le Firth de Murray jusqu'aux fiords de la Norwége méridionale, s'il arrivait que les dépôts actuels fussent émergés, on verrait, sur une étendue de plus de 120 lieues, une association de coquilles spécifiquement identiques. Le long des côtes qui circonscrivent le bassin arctique, il y a aussi, dans le nord de l'ancien comme du nouveau con-

tinent, une correspondance des formes spécifiques, et les espèces arctiques sont communes aux côtes nord-ouest du Finmark et aux côtes nord-est du Groenland.

La grande faune méditerranéenne est distribuée avec une uniformité frappante, et il en est de même de celle de la mer Rouge. Ces surfaces, considérées relativement à l'identité des espèces qu'elles renferment, sont désignées par l'auteur sous le nom d'*isozoïques*. La moitié des coquilles des côtes nord du Massachusetts sont, suivant M. Austen, communes aux côtes d'Europe et appartiennent à la région boréale (1). Les deux faunes opposées sont seulement isozoïques en degré, mais elles sont équivalentes et appelées *omoiozoïques*.

Comme les formes du nord décroissent en nombre à mesure qu'on s'avance vers le sud, des deux côtés de l'Atlantique, la proportion des espèces communes diminue, et la correspondance est alors maintenue par des formes représentatives plutôt que par des formes identiques, et le système des zones omoiozoïques se continue, même lorsque, comme dans le cas des Canaries et des Antilles, il n'y a plus que deux espèces communes.

Importance relative des régions.

(P. 256.) Ces divisions principales de l'Océan permettent, comme on l'a vu, d'en établir de moins étendues que nous avons appelées *provinces* ou *régions*. Celles que Forbes avait désignées par les expressions d'*arctique*, *boréale*, *celtique* et *lusitanienne*, le long des côtes d'Europe, ne seraient pas, suivant M. Austen, limitées d'une manière aussi absolue que le pensait son savant collaborateur. Les changements seraient progressifs dans toute l'étendue; seulement lorsque les coupes des côtes d'Europe sont prises à de grandes distances, comme lorsqu'on compare la faune du canal de la Manche avec celle de Lofoden, les différences sont très-considérables. Mais ensuite, que des coupes ou divisions faites entre ces deux points constituent une ou plusieurs régions, c'est une question purement relative et qui dépendra de l'opinion que l'on se fait de la quantité d'espèces qu'une région doit avoir en propre pour constituer

(1) On verra plus loin que cette appréciation est très-contestée.

une *unité régionale*. Ces sous-divisions, au lieu d'être aussi rigoureuses que Forbes l'avait cru, seraient simplement conventionnelles et leur degré d'importance ou leur plus ou moins de différence dépendra du plus ou moins d'étendue qu'on leur assignera.

Ainsi, pour M. Woodward, il faudrait qu'une province ou région eût la moitié de ses espèces qui lui fussent propres, et, dans ce cas, les régions précédentes seraient trop nombreuses; mais si leurs caractères ne sont pas assez tranchés, elles peuvent néanmoins être encore utiles dans la pratique. A proprement parler, les provinces lusitanienne et septentrionale seules rentreraient dans le principe précédent quant au nombre des espèces propres, et la région celtique établie sur le mélange et les caractères mixtes de sa faune n'aurait pas la même valeur que les autres.

En comparant les mollusques de la côte nord de l'Espagne, y compris les espèces de la baie de Vigo, avec ceux de la côte sud, M. Mac-Andrew a trouvé que 246 espèces britanniques sur 406, ou 61 0/0, étaient communes à la côte nord, tandis que les espèces du sud sont au nombre de 227 ou dans la proportion de 56 0/0. Des 19 espèces scandinaves qui atteignent l'Espagne, aucune ne dépasse le cap Saint-Vincent. Au-delà de ce point les caractères de la faune lusitanienne deviennent plus prononcés, de telle sorte, dit l'auteur, que s'il est rigoureusement nécessaire de réduire à 2 le nombre des régions ou provinces, il peut être convenable de les subdiviser, et de la sorte la région lusitanienne septentrionale s'étendrait du cap précédent aux îles de la Manche.

Lorsqu'une faune marine devient plus nombreuse, ce qui a toujours lieu lorsqu'on s'avance du N. au S., la proportion de l'apparition ou de la disparition des espèces dans telle ou telle direction est inégale. Ainsi sur 212 espèces du nord de l'Espagne, 29 ne dépassent pas le cap Saint-Vincent, et de plus de 352 des côtes de Portugal et de l'Espagne au S. de ce même point 140 n'ont pas été observées au nord jusqu'à Vigo. Si, au contraire, la tendance à la diffusion était égale, le nombre de

celles-ci, qui ne passent point au nord, serait d'environ 50; or le long des côtes de l'Atlantique d'Europe, les éléments septentrionaux de la faune des mollusques ont une distribution au sud plus grande que les formes méridionales ne l'ont vers le nord. Pour se rendre compte de l'ancien état des conditions physiques de la terre, il faut donc prendre en considération les lois de la distribution géographique, de l'arrangement en profondeur des animaux marins et de la nature des sédiments qui constituent le fond.

(P. 239.) M. Austen fait voir qu'une faune marine n'est point une association d'éléments constants, et qu'en remontant de l'époque actuelle dans les périodes géologiques les moins anciennes on suit les modifications qu'elle a éprouvées sur le même point, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, comme nous aurons occasion de dire en décrivant les faunes antérieures à celles de nos jours.

De son côté, M. Jeffreys, ayant démontré que plus de 30 espèces que l'on croyait propres aux mers britanniques se retrouvaient dans la Méditerranée, est encore venu modifier ce que les régions de Forbes avaient de trop tranché.

On voit donc que les résultats si positifs que ce dernier avait d'abord proclamés dans ses *huit zones bathymétriques* de la mer Égée et les *six régions* des mers d'Europe se trouvent singulièrement modifiés et atténués; il ne reste, pour ainsi dire, dans les deux sens, horizontal ou géographique, vertical ou en profondeur, que des modifications graduelles comme dans les faunes anciennes; mais reconnaissons que l'impulsion donnée par lui à ce genre de recherches n'en a pas été moins fructueuse.

Distribution des espèces d'un genre donné.

Si nous considérons maintenant la loi de distribution des espèces dans un genre donné, nous verrons que la zone du plus grand développement est celle qui renferme le plus de formes spécifiquement différentes. Dans la mer Égée, Ed. Forbes a trouvé que le genre *Cardium* atteignait son maximum entre 36 et 63 mètres de profondeur, où il est représenté par 6 espèces ; le genre *Pecten*, entre 109 et 145 mètres, où il en a 11. Dans l'un et l'autre cas, les zones dans lesquelles ces

genres sont le plus complétement représentés numériquement sont très-différentes. Les individus de toutes les espèces de *Cardium* réunies n'atteignent pas le nombre de ceux du seul *Cardium edule* qui vit dans les 4 premiers mètres à partir du rivage. Il en est de même du *Pecten opercularis*, à une profondeur un peu plus grande.

Les *Rissoa*, comme on pouvait le prévoir d'après leurs habitudes et leur nourriture, ont leur maximum d'espèces dans la zone sub-littorale, où ils abondent aussi numériquement. Partout où ces deux circonstances se rencontrent et sont combinées on a la preuve qu'on a sous les yeux une couche de rivage. Ce genre a d'ailleurs des représentants dans les eaux profondes. Dans cette même mer de l'archipel grec, le genre *Trochus* a son maximum entre 18 et 36 mètres, mais l'excès est très-faible et l'on peut dire que le genre est complétement représenté de 0 à 180 mètres, d'où il suit qu'il n'est pas très-caractéristique d'une profondeur donnée. Les Pleurotomes ont leur maximum de 63 à 100 mètres. Au-dessus et au-dessous leur nombre décroît graduellement. Sur plus de 24 espèces, la moitié a été rencontrée dans ces limites. Aucune n'est littorale, et 1 seule (*P. abyssicola*) a été trouvée au delà de 180 mètres. Dans les mers qui entourent les îles Britanniques, ce genre appartient aux eaux les plus profondes et il en est de même de la région intermédiaire de l'Atlantique lusitanienne. Enfin, bien au delà des zones où existent des faunes en relation avec le sol, de vastes espaces sont habités par des animaux aux habitudes pélagiques, dont la structure délicate n'a rien à y craindre du contact des corps solides; c'est la zone des libres nageurs, des ptéropodes, des nucléobranches, des céphalopodes, etc.

Recherches de M. Mac-Andrew.

En ce qui concerne particulièrement la distribution des mollusques le long des côtes d'Europe, du cap Nord aux îles Canarines, on doit à M. Mac-Andrew des recherches intéressantes dont nous exposerons les principaux résultats. Il a d'abord fait voir (1) comment se composait la faune dans toute cette éten-

(1) *On the geographical distribution of testaceous mollusca*, etc. In-8, Liverpool, 1854.

due, ses modifications à mesure qu'on descend au S. et les espèces communes aux côtes de l'Amérique du Nord, puis, dans un rapport publié en 1856 (1), il a donné un tableau comprenant 750 espèces obtenues par ses dragages, exécutés par lui sur 45 degrés de latitude et indiquant l'extension horizontale et verticale de chacune d'elles, le point de leur plus grand développement, la nature du fond, etc. Un second tableau est plus particulièrement consacré à faire voir la distribution géographique de ces espèces, parmi lesquelles il compte 275 acéphales, 14 ptéropodes et 460 gastéropodes.

Les mollusques acéphales, dit l'auteur dans ses conclusions, ont une extension en profondeur ou bathymétrique plus grande que les gastéropodes; plusieurs espèces vivent à tous les niveaux depuis le bord de la côte jusqu'à 200 mètres et davantage. Ces espèces ont en même temps la plus grande extension géographique ou horizontale (*Saxicava arctica*, *Venus striatula*, *V. ovata*, *Lucina borealis*, etc.). Elles atteignent ordinairement leur plus grande taille dans les eaux peu profondes. La *Saxicava arctica* est la plus cosmopolite de ces espèces, car elle a été observée jusqu'à plusieurs centaines de mètres de profondeur au Spitzberg, dans les mers de la Chine, dans le détroit de Behring, sur les côtes de la Californie et sur celles de l'Australie (2).

(1) *Rep. on the marine testaceous mollusca of the N. E. Atlantic and neighb. seas.* (*Rep. Brit. Assoc. for* 1856.)

(2) La *Mya arenaria* ne passe point, à la vérité, dans l'hémisphère austral, mais c'est certainement l'espèce la plus cosmopolite de l'hémisphère boréal; car, en Europe, elle manque seulement dans les mers intérieures. Suivant une note que nous devons à l'obligeance de M. P. Fischer, la *Mya arenaria* descend de l'Océan glacial arctique le long des côtes de Norwége, des îles Britanniques, de la France, mais sans dépasser les côtes du golfe de Gascogne, où elle vit dans le voisinage des estuaires entre le 43° et le 45° lat.

A l'est, elle habite les côtes nord de la Russie et de la Sibérie, où M. Middendorff la signale à la Nouvelle-Zemble, vers le 75°. Plus loin, dans cette direction, elle existe le long du détroit de Behring et des îles Aléoutiennes. Pénétrant ensuite dans le Grand Océan, elle a été recueillie au Kamtchatka, dans la mer d'Okhotsk, dans celles du Japon et du nord de la Chine, à Tohé-Fou. Sa limite sud serait ici comprise entre le 30° et le 40° lat., c'est-à-dire

Mais à ces diverses profondeurs les espèces présentent des modifications plus ou moins prononcées. En général, les individus qui vivent le plus bas ont une taille moindre, leurs couleurs sont moins vives et le test est moins solide.

Les espèces du nord diminuent beaucoup de grandeur en descendant vers le sud, mais l'inverse n'a pas lieu pour les espèces du sud, dont un certain nombre s'accroissent, au contraire, en atteignant leurs limites nord. Ainsi la *Ringicula auriculata* et la *Mactra rugosa* atteignent leur maximum de développement dans la baie de Vigo, l'*Haliotis tuberculata* à Guernesey et la *Tellina balaustina* à l'ouest de l'Irlande et dans les Hébrides.

La répartition exacte des mollusques marins par provinces ou faunes est, comme on vient de le dire, loin d'être aussi tranchée qu'on l'avait cru d'abord. Les faunes arctique et tropicale sont, à la vérité, assez bien limitées par les zones géographiques qui les désignent, sauf que la première s'avance de quelques degrés en dedans du cercle arctique à cause du courant dirigé vers le N., le long de la côte de Norwége, mais la division de la zone tempérée en régions *boréale*, *celtique* et *lusitanienne* ou *méditerranéenne*, donne lieu à diverses observations.

Ainsi les deux séries de mollusques de différents types s'avancent l'une vers l'autre des régions sub-arctiques et sub-tropicales. Dans leur marche, chacune perd beaucoup de ses types les plus caractéristiques qui s'éteignent l'un après l'autre de manière que, lorsqu'elles arrivent à se joindre, les espèces qui

plus basse que dans les mers d'Europe (Crosse et Debeaux). Par les îles Aléoutiennes elle joint les côtes d'Amérique ; on l'a trouvée à l'île Sitka, entre les archipels du Roi-Georges et de la Reine-Charlotte.

Si des côtes d'Europe on se dirige à l'O., on rencontre encore la *Mya arenaria* au Groenland (Fabricius), dans la mer de Baffin, au détroit de Davis, sur les côtes de la Nouvelle-Angleterre (Stimpson), du Massachusetts (Gould) et de la Caroline du Sud (Gibbs), entre le 32° et le 35° lat., sans qu'elle atteigne le golfe du Mexique. Ainsi, dans l'hémisphère nord, elle s'étend du 30° au 80° lat., et après son circuit polaire semble envoyer au S. quatre grandes colonies : *européenne*, *asiatique*, *américaine-pacifique*, *américaine-atlantique*.

ont persisté sont en petit nombre et ne sont point les plus caractéristiques des régions extrêmes nord et sud. Remarquons ici que les formes typiques de la faune arctique descendent loin, vers le S., tandis qu'à peine un des types caractéristiques des mers chaudes remonte-t-il vers le N.

Pour arriver à une égale distribution des mollusques dans les zones tempérées, il est nécessaire, suivant M. Mac-Andrew, d'admettre une faune intermédiaire s'étendant plus ou moins dans le domaine des deux autres et ayant son principal développement à leur point de rencontre. Celui-ci se trouverait par le 50° lat., et le canal de la Manche marque, en effet, la limite de quelques espèces caractéristiques du nord (*Buccinum undatum*, *Fusus antiquus*, *Cyprina islandica*), aussi bien que des genres (*Haliotis*, *Lachesis*, *Calyptræ*, *Venerupis*, *Gastrochæna*, *Auricula*) et de nombreuses espèces des types sud.

Il n'y a point d'ailleurs de ligne tranchée; le passage des faunes est graduel, et cette faune intermédiaire pourrait être comprise entre le 45° et le 55° de latitude, embrassant ainsi la plus grande partie de la baie de Biscaye et une portion considérable de la mer du Nord. Les espèces les plus caractéristiques et qui y atteignent leur plus grand développement sont : *Purpura lapillus*, *Natica monilifera*, *N. nitida*, *Trochus zizyphinus*, *Lacuna puteolus*, *L. pallidula*, les Pholades des côtes d'Angleterre, *Mactra solida*, *Tellina crassa*, *Pecten opercularis*, *P. pusio*, *Venus striatula*.

Le changement, quoique graduel, est cependant plus prononcé sur certains points que sur d'autres; ainsi le cap Saint-Vincent est peut-être la limite nord d'environ 100 espèces du sud, sans être pour cela une limite comparable pour les espèces du nord.

Le sud de l'Écosse est une limite analogue pour les formes du nord, et des 135 espèces de Norwége qui atteignent les côtes d'Écosse, 42 manquent dans le midi de l'Angleterre.

Quant à la faune de la Méditerranée, elle peut être regardée comme une dépendance de celle de l'Atlantique tempérée nord, avec laquelle elle s'accorde dans ses caractères généraux,

quoique possédant quelques particularités résultant de sa position isolée.

Nous nous sommes étendu sur la distribution des êtres organisés en profondeur et géographiquement dans les mers qui baignent les côtes d'Europe, parce que ce sujet y a été traité d'une manière générale, plus théorique et plus complète que dans les autres mers du globe, et qu'en outre les recherches spéciales d'Ed. Forbes, de Löven, de Mac-Andrew, etc., et le travail de M. Austen lui donnaient un intérêt particulier; aussi passerons plus rapidement sur ce que nous avons à dire relativement à la distribution des mollusques, en dehors des limites où nous nous sommes renfermé jusqu'à présent.

Divisions de M. S. P. Woodward.

M. Woodward, dans son *Manuel des Mollusques* (1), a présenté le développement géographique actuel de ces animaux qui intéressent particulièrement le paléontologiste et le géologue, en les répartissant dans des *provinces* ou *régions marines* au nombre de 18 pour toutes les mers, et dans des *provinces* ou *régions continentales insulaires* ou *terrestres* au nombre de 27 pour les continents et les îles. Examinons rapidement cette distribution, dont on peut se faire une idée en jetant les yeux sur la pl. 1, ci-après.

Provinces marines ou régions. — 1re, 2e, 3e 4e, et 5e régions.

Sans revenir ici sur les régions marines de l'ouest, que nous avons vues désignées par les noms de *arctique*, *boréale*, *celtique* et *lusitanienne*, et dont le nombre des espèces propres est représenté par les chiffres 100, 200, 250 et 450, nous passerons de suite à la *région aralo-caspienne* qui se trouve dans des conditions particulières.

La Caspienne et l'Aral sont les seules mers intérieures qui aient des coquilles qui leur soient propres ; mais les 20 espèces citées et dont la moitié se retrouvent dans les calcaires des steppes qui bordent le bassin de la mer Noire, de même que la grande dépression des deux mers intérieures, les observations plus récentes de M. Spratt, qui tendent à prouver que les coquilles voisines des *Cardium*, imprimant à cette faune

(1) *A manual of the Mollusca*, in-12, avec pl., Londres, 1851-56.

un caractère particulier, ne vivent pas aujourd'hui dans les eaux saumâtres mais dans des lacs complétement d'eau douce, enfin l'absence de dragages ou de recherches bathymétriques faites avec soin, tels sont les motifs qui ne nous permettent pas d'asseoir encore une opinion bien précise sur cette faune d'ailleurs très-pauvre en genres et en espèces et dont aucune des dernières n'a de caractère marin bien prononcé (1).

La région de l'*Afrique occidentale* entre les tropiques, y compris celle des côtes de Sainte-Hélène, est très-riche en mollusques. 500 espèces lui sont propres, mais il reste beaucoup à faire pour avoir une idée complète de cette faune, malgré les recherches d'Adanson, de Cranch, de Cuming, etc. 6e région.

La *faune du sud de l'Afrique* a peu de caractères communs avec celle de la côte occidentale ; elle en a davantage avec celle de l'océan Indien, comme on pouvait le prévoir d'après la direction des courants. D'un autre côté il y a une association particulière qu'on n'observe point ailleurs, et le cap des Tempêtes forme une barrière entre les populations des deux grands Océans presque aussi complète que la pointe de l'Amérique du Sud. Des 400 espèces mentionnées dans cette région, plus de 200 lui sont propres, et beaucoup de celles-ci sont d'un petit nombre de genres littoraux. 11 espèces seulement se retrouvent sur les côtes du Sénégal, tandis qu'il y en a 18 dans la mer Rouge et 16 dans les mers d'Europe. 7e région.

La *région de l'océan Indo-Pacifique* est de beaucoup le plus grand espace dans lequel les mollusques et les autres animaux marins testacés aient été reconnus. Elle s'étend de l'Australie au Japon et de la mer Rouge et de la côte orientale de l'Afrique à l'île Easter dans l'océan Pacifique, comprenant ainsi les 3/5 de la circonférence de la terre et 45° de latitude. Cette grande région peut être, à la vérité, subdivisée en sous-régions, 8e région.

(1) Nous trouvons 20 espèces signalées dans ces deux mers (p. 365), et dans son tableau général, p. 407, l'auteur a mis le chiffre 30. Nous ne pouvons pas d'ailleurs y comprendre celles qui n'ont été signalées que dans les calcaires des steppes et qui sont au nombre de 14. (Voy. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, *Russia in Europa*, etc., p. 297.)

telles que la *mer Rouge*, *Madagascar*, le *golfe Persique*, etc., mais il y a un nombre considérable d'espèces qui se retrouvent partout et donnent à l'ensemble un même *facies* général.

Suivant M. Cuming, plus de 100 espèces des côtes orientales d'Afrique sont identiques avec celles qu'il a recueillies aux Philippines et dans les îles de coraux de l'est du Pacifique. Ces îles de polypiers sont d'ailleurs le refuge et l'abri d'une multitude de mollusques et d'autres êtres marins particuliers. Le nombre des espèces de cette région est de plusieurs milliers. Ainsi, M. Cuming, qui a recueilli 2500 espèces de coquilles marines autour des îles Philippines, estime qu'il y en a encore un mille de plus, et M. Woodward porte à 4000 le nombre des espèces particulières à cette 8e région. Il y cite entre autres 120 espèces de Cônes, 100 Pleurotomes, 250 Mitres, 40 Columbelles, 50 *Cypræa*, 50 *Natica*, 30 Chitons, 50 Tellines, etc. Parmi les 68 genres les plus caractéristiques de cette grande région, 40 n'ont point de représentants sur les côtes d'Europe ; mais la moitié de ce nombre se retrouve à l'état fossile dans les dépôts tertiaires de cette dernière partie du globe. 10 genres se représentent sur la côte occidentale de l'Amérique.

La *mer Rouge* a offert à MM. Ehrenberg et Hemprich 408 espèces, dont 74 sont communes à la Méditerranée, ce qui indiquerait une communication directe entre ces deux mers depuis l'existence d'une grande partie de la faune actuelle, comme M. Valenciennes avait pu le supposer d'après un nombre d'espèces bien moins considérable; 40 de ces espèces se retrouvant aussi dans l'Atlantique y auraient émigré par la Méditerranée pendant la période quaternaire ; les autres qui viennent de la région indo-pacifique remontent peut-être à une époque plus ancienne. Les genres de la mer Rouge qui manquent dans la Méditerranée ont surtout les caractères de ceux de la mer des Indes.

Golfe Persique. La zoologie marine du golfe Persique n'a pas été suffisamment explorée pour qu'on en induise quelques données particulières, et les côtes de Kurachee ont apporté aux

recherches de M. Baker un assez grand nombre d'espèces, les unes connues, les autres nouvelles.

La 9e *province*, comprenant les mers de l'*Australie* et de la *Nouvelle-Zélande*, la plus éloignée de la région celtique dont elle est l'antipode, est aussi celle qui en diffère le plus par sa faune. Beaucoup de ses genres sont complétement inconnus en Europe, soit vivants, soit fossiles, et quelques-uns y sont fossiles, mais d'une période déjà ancienne. 9 genres sont propres à cette région, 27 y atteignent un développement particulier, et 9 se retrouvent à de très-grandes distances sur les côtes de la Terre-de-Feu, du Chili, de la Patagonie, de l'Inde, du Japon, du Cap et des mers arctiques. 400 espèces lui seraient particulières, mais ce nombre ne résulte sans doute que du peu de recherches spéciales faites jusqu'à présent dans cette région (1). 9e région.

La province du Japon, comprenant les îles de ce nom et la Corée, représente la faune lusitanienne; elle est connue par les bâtiments marchands hollandais qui ont eu longtemps le privilége exclusif du commerce avec ce pays; M. Woodward en porte la faune particulière des mollusques au chiffre de 300 espèces. 10e région.

De même, la région boréale de l'Europe est représentée dans l'océan Pacifique du Nord par la *région des îles Aléoutiennes*, où, suivant M. Middendorff, on retrouve les mêmes genres et beaucoup d'espèces identiques; en outre, 100 espèces paraissent y être propres. Quelques espèces d'Haliotides y montrent l'influence du courant des côtes d'Asie, tandis que d'autres indiquent ses rapports avec la faune de la côte occidentale d'Amérique. 11e région.

Considérées dans leur ensemble, ces longues lignes de côtes qui s'étendent du 50° de lat. nord au cap Horn présentent des Côtes occidentales de l'Amérique. — Généralités.

(1) De ce que quelques espèces de genres représentés surtout dans le terrain tertiaire inférieur et dans le terrain secondaire, telles que les Crassatelles et les Trigonies, ont été trouvées vivantes dans ces mers, on s'est empressé d'établir une certaine relation entre la faune actuelle de la Nouvelle-Hollande et la faune oolitique, par exemple, mais de pareils rapprochements ne prouvent en réalité que l'irréflexion de ceux qui les font.

faunes de mollusques également distinctes de celles de l'Atlantique à l'est, et de celles des parties centrales de l'océan Pacifique à l'ouest, car, suivant M. Darwin (1), il n'y aurait pas une seule coquille qui fût commune aux îles de l'océan Pacifique et à la côte occidentale de l'Amérique. D'un autre côté, MM. Cuming et Hinds, qui ont pu comparer environ 2000 espèces provenant des côtes est et ouest du continent américain, n'ont trouvé que le *Purpura patula* qui se rencontrât à la fois aux États-Unis, sur la côte de Panama et autour des îles Gallapagos, identification qui même a paru douteuse à quelques personnes. D'autres identifications d'espèces qui se trouveraient à la fois sur les côtes opposées du continent sont aussi révoquées en doute.

De 628 espèces recueillies par Alc. d'Orbigny sur les côtes méridionales de l'Amérique, 180 à l'est et 447 à l'ouest, la *Siphonaria Lessonii*, qui s'étend de Valparaiso au Chili à Maldonado, sur la côte de l'Uruguay, est la seule qui soit commune, circonstance que M. Darwin attribue au canal supposé de la rivière de Santa-Cruz, qui réunissait autrefois le Pacifique à l'océan Atlantique, comme fait aujourd'hui le détroit de Magellan.

Les espèces précédentes sont rangées dans 110 genres, dont 55 sont communs aux deux côtes, 34 propres à celle du Pacifique, 21 à celle de l'Atlantique (2).

Dans l'océan Atlantique, la faune des régions tempérées serait, suivant Alc. d'Orbigny, plus nombreuse que celle des régions chaudes, et chacune de ces régions possède 4 à 6 fois plus d'espèces propres que d'espèces communes. Les côtes du Grand Océan donnent des résultats analogues. Ces conclusions sont d'ailleurs en contradiction complète avec celles que présente M. Woodward d'après les observations des autres voyageurs et naturalistes.

Si l'on compare, ajoute d'Orbigny, les genres des côtes op-

(1) *Journ. of voyage*, p. 391.

(2) *Voy. dans l'Amér. mérid*, t. V, p. 5; 1847. Nous avons donné des chiffres moindres d'après une communication plus ancienne de l'auteur, — *Compt. rend.*, vol. XIX, 10 nov. 1844 (*Hist. des progrè de la géologie*, vol. I, p. 405); aussi ne les reproduirons-nous pas ici.

posées, on trouve dans leur répartition des différences remarquables. Ainsi, dans l'Atlantique, le rapport des gastéropodes aux lamellibranches serait : : 85 : 71, dans le grand Océan : : 129 : 76. La distribution si différente des mollusques sur les deux côtes de l'Amérique méridionale paraît tenir aux caractères orographiques très-différents aussi des côtes et du sol sous-marin. Sur le littoral du Grand Océan, les Cordillières étant très-près de la mer, les pentes y sont plus abruptes, fort inclinées, et les rochers bien plus nombreux que les plages sablonneuses; il doit donc y avoir infiniment plus de gastéropodes que de lamellibranches, et les genres qui dominent par leurs espèces doivent principalement vivre sur les rochers.

C'est l'inverse pour la côte de l'océan Atlantique, où les plages en pentes douces se prolongent fort loin sous les eaux et où les mollusques côtiers doivent vivre principalement sur les parties sablonneuses et dans les golfes tranquilles. Les différences organiques, produites ainsi par la disposition des deux côtes à la même latitude sont plus prononcées que celles qui sont dues à la différence des latitudes dans l'un et l'autre océan. D'après le même savant, qui s'est occupé de l'influence des courants et d'autres circonstances physiques déterminant la station des animaux marins, les grands cours d'eau, tels que ceux de l'Amérique méridionale, n'auraient aucun effet sur la composition des faunes marines voisines, conclusion encore opposée à ce que nous ont fait connaître les recherches plus récentes que nous avons rappelées précédemment, et d'après lesquelles le degré de salure de l'eau et la proportion des eaux douces apportées sur la côte par les rivières et les fleuves modifiaient sensiblement les caractères des faunes.

Les mers qui baignent les deux côtés du nouveau continent présentent, quant aux diverses associations de mollusques, les divisions ou provinces suivantes :

Dans la *région de la Californie et de l'Orégon*, 11 espèces remontent au N. vers l'île de Sitka par 58° lat. N., et peu d'espèces s'étendent jusque dans la baie de Californie, qui appar- 12e région.

tient à la province suivante ou de Panama. 250 espèces seraient propres à cette province (1).

13e région. La *région de Panama* s'étend de cette baie, ou mer Vermeille, à Payta, au Pérou, constituant une des plus grandes régions et des mieux caractérisées. Les coquilles de Mazatlan et du golfe au nombre d'environ 500, dont la moitié se retrouverait au S. le long des côtes de Panama et du Pérou, n'ont que très-peu d'analogues sur la côte ouest du promontoire de Saint-Lucas, et encore moins dans l'Atlantique ou dans le Pacifique.

Les coquilles des côtes de Panama sont au nombre de plus de 1500, dont peut-être aucune n'existe au delà; car celles qu'on a citées dans d'autres régions sont plus ou moins douteuses. En général, il y a une très-grande différence entre cette faune et celle de la mer ou province des Caraïbes, et le nombre des espèces qui y atteignent des dimensions considérables y est plus grand que dans cette dernière.

Autour des îles Gallapagos, M. Cuming a recueilli 90 espèces, dont 47 sont inconnues ailleurs, 25 se trouvent le long de l'Amérique occidentale, les autres dans divers points du Grand Océan. 1 seule coquille est citée par M. Adam des deux côtés de l'isthme de Panama : c'est la *Crepidula unguiformis*. Mais ce mollusque paraît n'être qu'une forme anormale de différentes espèces résultant de son mode d'accroissement dans l'intérieur d'autres coquilles. Le nombre des espèces propres à cette province de Panama n'est pas moindre de 1000 (2).

14e région. La *province littorale du Pérou* comprend les côtes de Callao à Valparaiso, au Chili, et fournit une association considérable de coquilles particulières, mais dont les listes ne sont pas encore très-bien dressées, malgré les recherches d'Alc. d'Orbigny, de Cuming et de Philippi. De 160 espèces recueillies par le pre-

(1) Sur la côte occidentale de l'Orégon et de la Californie, M. P. P. Carpenter indique 305 espèces de mollusques. (*Rep. Brit. Assoc.*, 1856. — *Check list of the shells of N. Amer. prepar. f. the Smiths. institution*, 1860.

(2) Sur la côte occidentale du Mexique et de Panama, M. P. P. Carpenter indique 1189 espèces de mollusques. *Ibid.*

mier de ces naturalistes, la moitié est commune au Pérou et au Chili, tandis qu'une seule recueillie à Callao aurait été rencontrée aussi à Payta, située à peu de distance au delà de la limite de la région qui contiendrait 500 espèces propres.

La *région des provinces magellaniques* comprend les côtes de la Terre-de-Feu, des îles Falkland et de la partie continentale de l'Amérique du Sud, depuis la pointe Melo à l'est jusqu'à Conception à l'ouest. Les côtes sud et occidentales sont les plus exposées aux tempêtes furieuses de ces parages; sur beaucoup de points les glaciers descendent jusque dans la mer, et souvent le passage du cap Horn est embarrassé par les glaces qui viennent du pôle. Dans le détroit, les plus grandes marées atteignent 15 mètres. Le long de la Terre-de-Feu, depuis le niveau de la basse mer jusqu'à 82 mètres de profondeur, végète l'immense *Macrocystis pyrifera*, dans les rameaux duquel fourmillent, dit M. Darwin, les Ascidies, les coquilles patelliformes, les *Trochus*, les mollusques nus, les Seiches et des bivalves fixes. Les roches à la basse mer n'abondent pas moins en coquilles très-différentes de celles des latitudes nord correspondantes, et, lorsque les genres sont les mêmes, les espèces sont de beaucoup plus grandes tailles et plus fortement constituées. Cependant, conformément à la loi de décroissement vers les pôles, nous ne trouvons dans cette région, malgré la variété de ses habitants, que 100 espèces qui lui soient propres. 15e région

En remontant au nord de Port-Melo à Santa Catharina, non loin du tropique, la côte orientale de l'Amérique du Sud, qui comprend la *région* ou *province patagonienne*, a éprouvé des changements considérables depuis l'existence de la faune actuelle ou très-peu auparavant; nous en parlerons en traitant des dépôts quaternaires. De 79 coquilles recueillies par Alc. d'Orbigny sur la côte nord de la Patagonie, 51 lui sont propres, 1 se trouve aux îles Falkland et 27 à Maldonado et au Brésil. A Maldonado, de 37 espèces 8 sont propres à cette localité, 10 se retrouvent au nord de la Patagonie, 2 à Rio et 17 au Brésil. De celles-ci 8 se continuent dans la mer des Antilles. Cette région, bien qu'elle s'approche du tropique, n'aurait, 16e région.

suivant les connaissances actuelles, que 170 espèces propres.

17e région. La *région* désignée sous le nom de *caraïbéenne* comprend le golfe du Mexique, les Antilles et la côte orientale de l'Amérique du Sud jusqu'à Rio-Janeiro, formant la quatrième grande région tropicale de la vie marine. Elle a fourni jusqu'à présent, suivant M. Adams, près de 1500 espèces dont 500 provenant de Cuba ont été décrites par Alc. d'Orbigny. Les côtes des Antilles, des Bermudes et du Brésil sont bordées de récifs de coraux et de bancs considérables de fucus ou d'autres plantes marines. 1000 espèces seraient particulières à cette région.

M. P. Fischer nous a fait remarquer que la mer des Antilles présentait cette particularité, de nourrir encore les représentants de plusieurs genres ou familles qui manquent jusqu'à présent dans le terrain tertiaire supérieur et moyen et ne sont connus que dans des dépôts plus anciens. Le *Pleurotomaria quoyana*, Fisch., de Marie-Galante, est voisin des grands Pleurotomaires jurassiques; 2 ou 3 espèces au plus ont été signalées dans le terrain tertiaire inférieur; la *Pholadomya candida*, Lam., de la Guadeloupe et de Tustola, n'a point de congénères dans le terrain tertiaire supérieur (1) et ils seraient très-rares dans le moyen; le *Pentacrinus caput Medusæ*, Lam., de la Guadeloupe, et l'*Holopus Rangii* de la Martinique sont les seuls représentants de la famille des crinoïdes, et il faut redescendre bien loin dans le terrain secondaire pour trouver des formes analogues. Dans les autres mers du globe, les jeunes Comatules représentent seuls les radiaires échinodermes pédonculés. Nous avons donc dans ces faits quelque chose de comparable à ce que nous avons rappelé pour les mers de la Nouvelle-Hollande, mais dont nous nous garderons bien de tirer les conséquences qu'on en avait déduites pour la faune de celle-ci.

18e région. Enfin la *région trans-atlantique*, qui comprend les côtes des États-Unis, avait été divisée en deux par Ed. Forbes; l'une, s'étendant du cap Hatteras au cap Cod, était la *région virgi-*

(1) Nous ne connaissons pas la *P. hesterna*, Sow. (*Miner. Conch.*, t. 629; 1844) qui d'ailleurs serait déjà du crag blanc ou inférieur.

nienne; l'autre, se prolongeant jusqu'à l'extrémité de la Floride, était la *région carolinienne*. Mais cette division ne paraît pas reposer sur des données suffisantes. Le nombre total des mollusques est de 230 seulement, dont 60 se continuent plus au nord et 15 se représentent sur les côtes d'Europe. Des 110 espèces de la côte du Massachusetts, au sud du cap Cod, il y en a près de la moitié, suivant M. Gould, qui ne passent pas au nord de ce cap et qui forment le commencement du type américain. M. Dekay, en décrivant les coquilles de New-York et des autres États du Sud, a fait connaître 120 espèces nouvelles, dont quelques-unes s'étaient écartées de la région Caraïbéenne. Cette région aurait 300 espèces propres (1).

La somme des espèces ainsi particulières à ces 18 *régions marines* serait de 10,000, suivant le tableau dressé par M. Woodward (p. 407).

L'inégalité de ces régions ou provinces malacologiques, en grandeur et en importance, est en partie naturelle et en partie causée par l'inégale facilité qu'on trouve à les subdiviser. La région *Indo-Pacifique*, par exemple, n'est pas du même rang que la région du Japon parce qu'elle résulte de la réunion de plusieurs sous-régions. M. Waterhouse appelle *provinces de familles* ou *d'ordres* les régions principales dans lesquelles on peut distinguer de grands groupes d'animaux, et *provinces spécifiques* ou *génériques* celles qui ne sont caractérisées que par des associations zoologiques moins importantes.

Régions circum-polaires.

Nous ajouterons à ces divisions de M. Woodward quelques considérations sur les caractères des mollusques qui habitent les mers circum-polaires, considérations que nous devons à l'obligeance de M. P. Fischer.

Les faunes arctique et antarctique, très-différentes l'une de l'autre quant aux espèces, parce qu'elles n'en ont pas une seule commune, offrent cependant un certain *facies* qui les rappro-

(1) Des côtes orientales des mers arctiques à celles de la Géorgie inclusivement, M. W. Stimpson a signalé 559 espèces de mollusques, dont 45 sont restées douteuses. (*Check listes of the shells of N. Amer. prepared for the Smithsonian Institution*, 1860.)

che. Le nombre des espèces y diminue sensiblement par rapport aux régions voisines, tandis que certains genres y prédominent et caractérisent ainsi les populations de ces mers froides. Ce sont surtout les genres *Chrysodomus*, *Trophon*, *Trichotropis*, *Margarita*, *Lamellaria*, *Rhynchonella*, *Crenella*, *Joldia*, *Astarte*, *Bullia*, *Puncturella*, *Buccinum*, *Cyprina*, *Glycimeris*, dont plusieurs n'habitent que les deux zones circum-polaires et sont inconnus dans les mers chaudes et tempérées.

La région polaire boréale présente une population de mollusques comparable dans le nord de la Sibérie, de la Russie à la Nouvelle-Zemble, au nord de la Norwége, en Islande, au Spitzberg, autour des îles Shetland et Féroë, sur les côtes du Groenland, dans le détroit de Davis, dans celui de Behring et dans le nord de l'Amérique Russe. Une liste assez nombreuse peut être dressée, en effet, des espèces communes au nord de l'Europe et au nord de l'Amérique, mais les relations de l'océan Pacifique avec la mer Glaciale, par la région des îles Aléoutiennes, des îles Kourilles et de la mer d'Okhotsk, modifient la faune boréale dans la mer de Behring et au delà du détroit de ce nom. Le nombre des espèces communes diminue et il y a une sorte de lacune dans la zone de l'organisme circum-polaire. Néanmoins la prédominance des genres des mers froides contribue toujours à donner à la faune un caractère polaire.

Les espèces suivantes ont été rencontrées sur 35° de lat., depuis 45° jusqu'au 80° lat. N., de la Nouvelle-Angleterre au Spitzberg, sur les côtes du Groenland, de la Nouvelle-Zemble et de la Scandinavie, à l'extrémité septentrionale des îles Britanniques : *Rhynchonella psittacea*, *Pecten islandicus*, *Crenella decussata*, *Crenella nigra*, *Leda permula*, *L. caudata* (1).

(1) Voy. aussi sur ce sujet : Otto Torell; *Bidrag till Spilsbergem Mollusk fauna jemte in Allman öfversigt af arktiska regionem Naturf och fornt. utbredning I.* Stockholm, 1859. — O. A. L. Mörch, *Fortegnelse over Gronlands Bladdyer*, etc. Prodrome d'une faune des Mollusques du Groenland, 1857. Il y a 235 espèces indiquées : marines, fluviatiles et terrestres. — L. Maury, *Phys. geography of the sea*, new. ed., 1858, p. 33. Espèces du Finmark, du Groenland et du Spitzberg. — P. 41, Mammifères

On ne peut encore, pour la zone circum-polaire australe, établir de loi semblable à celle du Nord. L'Amérique descend beaucoup plus bas que l'Afrique, l'Australie et la Nouvelle-Zélande, d'où il résulte que la faune des côtes magellaniques affecte le caractère polaire, tandis que celle du Cap présente celui des mers chaudes, comme le prouvent les genres Cône, Marginelle, Éburne, Harpe, Mitre, *Cypræa*, etc., qu'on y rencontre.

D'ailleurs nous connaissons moins bien les mers polaires australes que celles du Nord ; elles sont dans des conditions différentes d'étendue, de profondeur et de température. La zone magellanique, par 55° lat., ne dépasse pas, au sud, la latitude de l'Irlande au nord, et de là jusqu'au 80° on sait bien peu de chose. Les immenses banquises qui défendent les approches des terres Adélie et Victoria, des volcans, l'Érèbe et le mont Terreur, de même que les terres Louis-Philippe, Palmer et Graham, n'ont guère été favorables à la recherche des mollusques dans ces parages si rarement visités.

Répartition des Céphalopodes.

La distribution géographique actuelle de certaines familles de mollusques marins dont les représentants, à l'état fossile, ont joué un rôle important dans les diverses périodes géologiques, peut aussi avoir quelque intérêt. Ainsi la répartition des *céphalopodes acétabulifères*, qui sont des mollusques de hautes mers, et qui a été donnée par Alc. d'Orbigny, nous fait voir que 6 de leurs genres habitent à la fois les régions chaudes, tempérées et froides, quoique beaucoup plus nombreux dans les premières ; 3 genres qui habitent les zones chaudes ou tempérées sont aussi plus abondants en espèces sous la zone torride ; 6 sont propres aux mers tropicales ; 1 seule est exclusive aux zones froides. Ainsi sur 16 genres que comprend cette famille, 15 ont des représentants dans les régions chaudes, 10

de la région arctique : nord de l'Amérique au delà du 70°, terre de Bootia-Félix, Groenland, île Melleville, Nouvelle-Zemble, Spitzberg, détroit de Kennedy. — Oiseaux. — Coquilles fluviatiles et terrestres. — P. 119, Mollusques du Spitzberg : 3 Térébratules, 1 Cranie, 2 *Pecten*, 5 *Crenella*, 1 *Dacrydium*, nov. gen. 1 Nucule, 2 *Leda*, 4 *Goldia*, 1 *Arca*, en tout 20 bivalves.

ou les 2/3 dans les régions tempérées, et 6 ou moins de la moitié dans les régions froides.

Quant aux espèces, le même naturaliste montre que plus des 2/3 de celles de chaque mer lui sont particulières; ainsi les limites d'habitation sont assez restreintes pour des animaux que leur puissance de locomotion et leurs mœurs pélagiennes sembleraient devoir répartir à la fois dans toutes les mers.

La distribution des espèces de céphalopodes acétabulifères offre les particularités suivantes : 78 se trouvent dans les mers chaudes ou des tropiques, 35 dans les zones tempérées et 7 seulement dans les zones froides. Mais si les genres et les espèces sont plus nombreux et plus variés sous la zone torride, il ne paraît pas en être toujours de même des individus qui y sont, au contraire, peu multipliés, tandis que dans les mers polaires arctiques l'*Ommastrephe sagittatus*, et dans l'océan Austral l'*O. giganteum*, sont tellement nombreux qu'à l'époque de leur migration annuelle les uns viennent couvrir les côtes de Terre-Neuve, les autres celles du Chili. On sait d'ailleurs que l'extrême multiplicité des individus et le petit nombre relatif des espèces dans les zones froides est un caractère presque général dans les diverses classes. Les poissons en offrent des exemples que tout le monde connaît.

Résumé. Aucun assemblage, aucune association de mollusques ne semble donc se reproduire de part et d'autre de l'équateur sous des latitudes correspondantes. L'organisme se modifie complétement lorsqu'on se dirige du N. au S. et réciproquement, dans le sens d'un méridien quelconque. Aucune faune ne se répète ni n'est continue non plus dans le sens des parallèles, quoique en général plus étendue que du N. au S. Variété et succession graduelle dans un sens et dans l'autre, telle paraît être à cet égard la loi générale de la nature.

§ 3. Distribution des mollusques fluviatiles et terrestres.

Les mollusques fluviatiles et terrestres, plus directement soumis aux variations atmosphériques et aux diverses circonstances météorologiques que les mollusques marins, affectent souvent aussi des stations plus nettement définies. Les mollusques terrestres, en particulier, offrent à la surface des continents et des îles une distribution compliquée, mais en rapport aussi, jusqu'à un certain point, avec les caractères et la répartition des végétaux. Généralités.

La plupart des grandes îles, dit M. Woodward, ont leur faune et leur flore particulière; presque chaque bassin de rivière a ses poissons et ses mollusques, et les chaînes de montagnes comme les Andes semblent être des barrières infranchissables aux familles de plantes et d'animaux de leurs versants opposés. Il y a néanmoins des exceptions qui montrent qu'au delà de ces premiers aperçus il existe des lois plus générales encore et que certaines espèces passent d'une région naturelle à une autre.

Les deux plus grands genres ou les deux principaux types de mollusques terrestres et d'eau douce sont les *Helix* et les *Unio*. Il est assez difficile de rien préciser sur l'immense distribution de certaines espèces d'*Helix*, signalées sur les points du globe les plus éloignés, parce qu'on sait qu'elles ont pu être transportées, dans diverses circonstances, par des bâtiments de commerce, par hasard avec des plantes médicinales ou autres, ou bien introduites par la volonté même des voyageurs. C'est ainsi que l'*H. aspersa* a été portée et naturalisée dans presque toutes les contrées du globe.

Les mollusques pulmonés d'eau douce qui ne sont pas soumis aux mêmes circonstances de migrations accidentelles ou artificielles (les Limnées, les Physes, les Planorbes, les Ancyles, les Succinées) montrent cependant une distribution presque aussi

grande, et, comme les plantes aquatiques et les insectes, reparaissent souvent, même aux antipodes, sous leurs formes les plus habituelles. L'extension des mollusques non pulmonés, comme les Paludines et les acéphales, paraît être moindre.

L'ancien et le nouveau monde peuvent être regardés, pour les mollusques fluviatiles et terrestres, comme des provinces ou régions zoologiques d'une très-grande importance, n'ayant eu dans l'origine aucune espèce commune, excepté à leur extrémité nord, et chacune ayant beaucoup de genres caractéristiques particuliers.

Les coquilles terrestres, dit M. Mac-Andrew (1), ne se plaisent point dans les régions arctiques et croissent en nombre à mesure qu'on s'avance vers le S., surtout dans les pays où le sol est calcaire. Quelques espèces vivent sur des surfaces très-étendues, tandis que d'autres sont limitées à des surfaces de quelques milles carrés et même moindres. Les îles Britanniques n'ont pas une seule espèce qui ne se retrouve sur le continent, en France ou en Allemagne, tandis qu'il y a, de ce côté du détroit, quelques espèces qui n'ont pas été rencontrées au delà.

Dans les îles Canaries, au contraire, dans les Açores et les îles de Madère, chacune renferme quelques espèces particulières. L'île de Madère en présente peu, à la vérité, mais la petite île de Porto-Santo en offre un grand nombre de différentes, et les îlots rocheux appelés las Desertas, que l'on aborde même difficilement, ont plusieurs formes particulières qui y sont extrêmement répandues.

M. Mac-Andrew déduit de ces faits une conséquence, que nous avions également déduite de considérations géologiques et de la faune des mammifères quaternaires des îles Britanniques, savoir, leur réunion au continent à une époque très-peu ancienne, tandis que les îles précédentes, plus éloignées des continents, élevées par les agents volcaniques, ont pu être cha-

(1) *On the geographical distribution of testaceous mollusca*, etc., in-8; Liverpool, 1854.

cune des centres de création pour certaines espèces limitées par les mers environnantes.

Résumé des régions.

Les coquilles fluviatiles et terrestres ont été réparties, à la surface des continents et des îles, dans 27 régions qui concordent surtout pour les mollusques terrestres (*Helix*, *Limax*, *Cyclostoma*) avec les principales régions botaniques admises par M. Schouw dans l'Atlas physique de Berghaus. Nous renverrons le lecteur au *Manuel des mollusques* de M. Woodward pour la description et les caractères de ces régions, nous bornant à reproduire la distribution sommaire des 4600 espèces mentionnées dans son tableau (p. 407) et l'indication des régions sur la carte pl. I, ci-après.

Régions 1 Germanique	100	15 de la Polynésie	300
2 Lusitanienne	900	16 Canadienne	30
3 Africaine	150	17 des Ét.-Un. de l'Atlantique	60
4 du Cap	60	18 Américaine	80
5 des îles Mascaraignes	150	19 Californienne	30
6 Indienne	350	20 Mexicaine	170
7 Chinoise	50	21 des Antilles	760
8 des Philippines	350	22 Colombienne	180
9 Javanaise	80	23 Brésilienne	260
10 de Bornéo	30	24 Péruvienne	100
11 Papuanne	80	25 Argentine	50
12 Australienne	80	26 Chilienne	60
13 Tasmanienne	50	27 Patagonienne	10
14 de la Nouv.-Zélande	80		

Ces chiffres expriment sans doute l'état relatif des résultats obtenus jusqu'à présent par les recherches dans les divers pays plutôt que les nombres, même approximatifs, de ce qui existe en réalité.

Distribution en hauteur des mollusques terrestres.

Mais un point de vue qui nous paraît mériter aussi quelque attention est la distribution des coquilles terrestres dans le sens de la hauteur, lorsqu'on l'étudie dans les pays de montagnes. Chaque espèce semble vivre à une altitude déterminée qu'elle ne dépasse pas, ou bien, après s'être montrée à un certain niveau, elle ne descend point au-dessous. Il existe des zones particulières dans lesquelles les êtres organisés sont en quelque

sorte cantonnés et les mollusques suivent en cela les lois générales de la distribution des végétaux. L'élévation qu'atteint une espèce dans un système de montagnes peut être dépassée dans un autre, parce que les zones végétales sont soumises à d'autres influences que celle de l'altitude, telles que la latitude, la longitude, les vents régnants, la constitution du sol, l'exposition, etc. Mais il y a un rapport constant entre les coquilles terrestres d'une localité et la zone à laquelle elles appartiennent. Nous savons que pour les zones marines leur étendue en hauteur n'a d'importance que pour des points assez rapprochés et que d'une mer à l'autre les hauteurs relatives changent beaucoup.

Le type des *Helix*, dont on croit pouvoir distinguer aujourd'hui près de 1200 espèces, s'étend au Nord jusqu'à la limite de végétation des arbres, c'est-à-dire aux environs du cercle polaire, et au Sud jusqu'à la Terre-de-Feu. Dans l'Amérique méridionale, dans les Andes de la Bolivie, 6 espèces ont été observées par Alc. d'Orbigny jusqu'à des altitudes de 3500 mètres. Dans l'île de Ceylan, l'*H. Gardneri* a été recueillie à 2600 mètres par M. Layard.

Citons quelques autres exemples pris dans des pays de montagnes et que M. P. Fischer a bien voulu réunir à cet effet.

Alpes. Les Alpes de la Savoie sont divisées en quatre régions dans le sens de la hauteur. La *région des vignes*, qui est la plus basse, s'élève de 200 à 500 mètres, *celle des forêts* de 500 à 1200, *celle des gazons* de 1200 à 2000 et davantage, enfin la *quatrième* ne commence qu'à la limite extrême de la végétation pour s'élever au sommet des cimes neigeuses; elle ne présente point par conséquent de coquilles terrestres (1).

Les espèces de la région des vignes qui ne la dépassent pas sont les *Helix lucida*, s'élevant de 375 à 500 mètres, *carthusiana*, de 220 à 500, et la *Limax maximus*, de 265 à 550. Celles qui atteignent la région des forêts sans monter au delà

(1) Dumont et de Mortillet, *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles de la Savoie*, 1857.

sont les *H. pygmæa*, de 440 à 580 mètres, *nitida*, de 377 à 700, *plebeia*, de 260 à 600, la *Limax rufus*, de 400 à 1000; celles de cette première région qui, traversant la seconde, arrivent à celle des gazons, sont l'*H. sylvatica*, vivant de 400 à 2000 mètres, la *Vitrina pellucida*, de 378 à 2500, la *V. major*, de 200 à 1200, la *Limax lineatus*, de 440 à 2000, la *L. ater*, de 380 à 1500, l'*Helix hyalina*, de 475 à 2000 mètres. L'*H. pomatia* vit depuis nos plaines les plus basses jusqu'à 1500 mètres. C'est donc une des espèces les plus robustes.

Les espèces de la région des forêts qui ne la dépassent pas sont les *Helix cellaria* et *montana*, et celles qui atteignent la région des gazons sont les *H. ruderata*, *villosa*, *alpestris*, *alpina*, *zonata* et la *Vitrina diaphana*.

Les espèces de la région des gazons sont les *Helix petronella*, *ciliata*, *glacialis* et la *Vitrina nivalis*, qui s'élève jusqu'à 2500 mètres, à l'extrême limite des graminées et des neiges (1).

Dans le nord de l'Afrique, les montagnes de la haute Kabylie ont aussi été divisées en quatre régions : 1° celle des Frênes, des Oliviers, des Figuiers et des Grenadiers, qui s'étend de 200 à 700 mètres; 2° celle des Chênes et des Pins, de 700 à 1200 mètres; la vigne ne dépasse pas 700 mètres et les Cèdres règnent entre 1200 et 1800 mètres; 3° la région des gazons qui atteint 2200 mètres et davantage, et la quatrième, qui est dépourvue de végétation. Suivant M. H. Aucapitaine (2), les *Helix* de la région des Frênes sont les *H. lactea*, *striata*, *cespitum* et *pyramidata*. Dans la région des Chênes on trouve l'*Arion rufus* jusqu'à 963 mètres, puis l'*H. hieroglyphicula* et la *Limax agrestis* qui atteignent la région des gazons jusqu'à 2000 mètres; dans cette dernière et à partir des derniers Cèdres, les *Helix Gaugeli*, *kabyliana* et *cedretorum* atteignent 2200 mètres. Kabylie.

(1) On sait que dans cette partie des Alpes certains mammifères habitent des régions particulières; ainsi la Marmotte habite la région des vignes, l'Ours celle des forêts, le Chamois, le Bouquetin celle des gazons.

(2) *Mollusques terrestres et d'eau douce de la haute Kabylie*, 1862.

Pyrénées. Dans les Pyrénées, l'*Arion rufus* s'élève, comme en Savoie et en Kabylie, de la région inférieure à celle des forêts, mais ici la limite des forêts étant plus haute, elle atteint 1800 mètres. L'*Helix aspersa* et la *Succinea arenaria* s'élèvent depuis le niveau de la plaine jusqu'à 1000 mètres, l'*H. hispida* jusqu'à 1500, les *H. carascalensis* et *nubigena* de 2500 à 3000 mètres (1).

Ainsi dans ces trois massifs de montagnes leurs régions les plus élevées ont leurs espèces particulières. En Savoie, au-dessus de 1200 mètres, ce sont les *Helix petronella*, *ciliata*, *glacialis* et la *Vitrina nivalis*; dans la Kabylie, au-dessus de 1800 mètres, les *H. Gaugeli*, *kabyliana* et *cedretorum;* dans les Pyrénées, au-dessus de 2500 mètres, les *H. carascalensis* et *nubigena*.

Guadeloupe. Si nous prenons pour exemple une île comme la Guadeloupe, nous y trouverons de même une distribution des espèces en rapport avec l'élévation des lieux. Ainsi l'*Omalonyx unguis* et la *Succinea Sagra* habitent les lieux les plus bas de cet île; les *Achatina octona*, *lamellata* et *carracasensis* ne dépassent pas des hauteurs de 80 à 100 mètres; le *Bulimus guadalupensis*, 200 mètres. Les *Helix lychnuchus*, *dentiens*, *Josephinæ*, *pachygastea* habitent les forêts qui couvrent le pays de 300 à 400 mètres; la *Pellicula depressa* vit au milieu des Balisiers et des Palmiers, entre 600 et 700 mètres; les *Bulimus limnoides* et *chrysalis* de 650 à 800 mètres, parmi les fougères, et le *B. Lherminieri* s'élève encore plus haut (2).

Les coquilles d'eau douce s'observent également à diverses hauteurs dans les ruisseaux et les lacs des montagnes, et l'espèce qui jusqu'à présent a été trouvée vivante à la plus grande altitude est une Limnée dédiée au savant botaniste et voyageur anglais M. Hooker, et qui a été recueillie dans les eaux douces du Thibet, à 5500 mètres.

(1) *Liste des mollusques terrestres et fluviatiles de la vallée de Baréges*, par F. de Saulas, 1853.

(2) Beau et Fischer, *Catalogue des coquilles de la Guadeloupe;* en publication.

Ainsi nous voyons les coquilles terrestres nous présenter, dans le sens de la hauteur, au-dessus du niveau de la mer, une distribution par zones comparable à celle que les coquilles marines nous ont offerte dans le sens de la profondeur, au-dessous de ce même niveau, et d'un autre côté leur extension géographique paraît être soumise au principe que nous avons déjà rappelé. On peut ajouter que le rapport de la richesse des faunes y est disposé, comme on pouvait s'y attendre, en sens inverse ou diminuant de bas en haut. C'est d'ailleurs une loi générale que le plus grand développement des forces vitales, la plus grande richesse des productions dans toutes les classes des deux règnes se manifeste un peu au-dessus et un peu au-dessous de la courbe normale du sphéroïde terrestre ou du niveau des mers. Résumé.

On conçoit que, dans l'étude des dépôts fluviatiles modernes et même des dépôts quaternaires, il est utile de connaître l'*habitat* des coquilles terrestres que l'on y rencontre et qui y ont été entraînées. Ainsi on trouve souvent réunies, dans une même alluvion de la plaine dont les éléments proviennent des montagnes, des espèces qu'on pourrait croire, au premier abord, avoir vécu ensemble, tandis qu'elles proviennent de niveaux pouvant différer de 2000 mètres. Il en est de même pour la distribution géographique ou par bassins hydrographiques des fleuves sur les versants opposés d'une même chaîne. Ces bassins sont habités par des populations en rapport avec les altitudes, les expositions, la végétation et la nature du sol sec ou humide, argileux, sablonneux, calcaire, etc. Si dans les dépôts quaternaires du bassin de la Seine, par exemple, on rencontre une espèce qui vive constamment dans la zone la plus élevée du pays qui l'entoure ou dans certaine région particulière, telle que le *Bulimus montanus*, elle servira à apprécier la direction et la hauteur des eaux ainsi que la provenance des sédiments,

§ 4. Coquilles d'eau douce de l'Amérique du Nord.

Un fait digne de toute l'attention du naturaliste, et sur lequel il ne semble pas que l'on ait encore insisté, est la propriété que paraissent avoir les rivières et les lacs de certains pays pour favoriser un développement de mollusques tout à fait exceptionnel; sous ce rapport les États-Unis de l'Amérique du Nord nous offrent un exemple très-frappant.

Gastéropodes. Ainsi la liste des gastéropodes fluviatiles de l'Amérique du Nord, dressée par M. Binney, comprend 610 espèces, réparties dans 15 genres comme il suit : *Melania* 298, *Litharia* 5, *Gyrotoma* 31, *Leptaxis* 61, *Io* 6, *Vivipara* 44, *Bithynia* 2, *Valvata* 3, *Ampullaria* 7, *Amnicola* 18, *Limnea* 45, *Pompholyx* 1, *Physa* 29, *Planorbis* 34, *Ancylus* 13. Dans un mémoire plus récent, M. I. Lea (1) a ajouté à cette liste 138 espèces de Mélanidées, dont 45 appartenant à son nouveau genre *Trypanostoma*, 82 à un autre genre nouveau, *Goniobasis*, et 11 à divers genres déjà connus, ce qui porterait à 748 le nombre des espèces de gastéropodes vivant aujourd'hui dans les eaux douces de ce pays.

Acéphales. Les mollusques acéphales n'offrent pas un développement moins curieux que les gastéropodes. Ainsi les recherches persévérantes de M. I. Lea ont porté à 467 le nombre des espèces d'*Unio* du même pays; si on y ajoute 25 espèces regardées encore comme douteuses et 22 qu'il a décrites plus récemment, on a ainsi 514 formes appartenant à ce seul type. En outre, on compte 27 espèces de *Magaritana* et 62 Anodontes qui sont encore des formes voisines, et le genre *Cyclas* a présenté 69 espèces tant dans l'Amérique du Nord que dans l'Amérique centrale (Mexique, Panama, Yucatan) et dans les îles de Cuba et de la

(1) *Proceed. Acad. of natur. sc. of Philadelphia*, 1862. *Observations on the* Unio... *and description of new genera and species of the Melanidæ*, in-4° avec 16 pl.; Philadelphie, 1863.

Jamaïque (1). 36 espèces d'autres acéphales ont été recueillies dans les eaux douces de l'Amérique centrale.

On pourrait peut-être objecter que ces chiffres ne représentent pas réellement des espèces, que les zoologistes qui se vouent à une spécialité bornée sont très-inclins à les multiplier en exagérant la valeur de certains caractères; mais ici peu importe; ce n'est pas le nombre des espèces qui étonne, mais la prodigieuse multiplicité des individus et souvent leurs dimensions considérables, qui donne lieu à des effets qu'on n'observe que dans ces pays et qui intéressent à la fois le paléontologiste et le géologue.

Dépôts de coquilles lacustres.

Ainsi dans les comtés de Columbia et de Dutchess, dans l'état de New-York, M. W. Mather (2) a décrit des marnes coquillières d'eau douce constituant le fond des lacs et des étangs. Les générations qui se succèdent augmentent incessamment l'épaisseur de la couche de marne blanche dont l'étendue superficielle est aussi très-considérable. Lorsque, par suite de cette accumulation de coquilles décomposées, le fond du lac se trouve exhaussé de manière à n'être plus recouvert que de quelques pieds d'eau, une végétation aquatique s'y développe à son tour et ses détritus produisent une couche de tourbe qui recouvre la marne. Celle-ci est blanche et friable lorsqu'elle est sèche, onctueuse et plastique lorsqu'elle est humide.

Le lac de *Peat-marl*, à 4 milles au nord de Kinderhook, mérite surtout d'être signalé. Son fond se relève graduellement par la décomposition de myriades de coquilles, et il avait autrefois une étendue double de celle que les eaux occupent aujourd'hui. Les *Unio*, les Anodontes, les Limnées, les Physes et les Planorbes sont les coquilles qui contribuent le plus à la formation de la marne exploitée et regardée comme un amendement précieux en agriculture, où elle remplace le plâtre. Le comté

(1) Quant aux gastéropodes terrestres du nord de l'Amérique, M. Binney en signale 58 espèces sur les côtes de l'océan Pacifique, 237 dans les États du nord-est, dont 204 *Helix*, et 167 au Mexique.

(2) *State of New-York*. Rapport de M. Mather sur la géologie du 1er district, p. 147.

d'Onondago renferme aussi des dépôts coquilliers lacustres en voie de formation et dans lesquels on pourrait recueillir des milliers de tonnes de coquilles décolorées.

Observations générales.

Si à ces faits, qui se présentent d'ailleurs sur bien d'autres points des États-Unis, on ajoute la prodigieuse variété de formes, les dimensions remarquables et l'incroyable multiplicité des individus que renferme entre autres le genre *Unio* dans les rivières de cette partie du globe, surtout dans l'Ohio et ses affluents, on sera porté à rechercher la cause de cette fécondité exceptionnelle de la nature ou bien quelles sont les circonstances qui peuvent y contribuer. Est-ce dans la composition des eaux, dans leur plus ou moins de profondeur, dans la nature de leur lit ou de leurs alluvions, dans leur rapidité ou dans telle ou telle autre particularité de leur régime que l'on peut espérer trouver l'explication de ce fait, ou bien encore dans la température ambiante et dans les caractères de la végétation aquatique? C'est ce que nous ignorons complétement. Néanmoins c'est une question de zoologie géographique qui nous paraît très-remarquable et dont nous ne sachions pas qu'on se soit encore occupé.

Ainsi l'examen des coquilles lacustres qui, dans les autres parties du globe, n'avait pas dû nous arrêter à cause de leur peu d'intérêt géologique, dans celle-ci, au contraire, méritait de ne pas être passé sous silence.

Mollusques d'eaux saumâtres. — Gnatodon.

Si maintenant, au lieu de considérer le résultat dû au concours d'un certain nombre de genres et d'espèces de coquilles d'eau douce, nous ne considérons que celui qui résulte de l'action ou mieux de la multiplication d'une seule espèce d'eau saumâtre, notre étonnement sera plus grand encore. Ainsi le *Gnatodon*, dont à l'inverse des *Unio*, on ne connaît qu'un très-petit nombre d'espèces, multiplie prodigieusement dans les lagunes de la Louisiane et de l'Alabama. Des bancs de coquilles mortes du *Gnatodon cuneatus* se voient jusqu'à la distance de 20 milles dans les terres. La ville de Mobile est bâtie sur un banc de cette sorte. La route de la Nouvelle-Orléans au lac de Pontchartrain, sur une longueur de 6 milles,

a été construite avec des *Gnatodon* exploités à l'extrémité orientale du lac où se voit une accumulation de ces coquilles qui n'a pas moins de 1 mille de long ou 1600 mètres sur 5 de haut et 60 de large à la base.

Le genre *Ætheria*, dont on ne connaît encore qu'une espèce, l'*Æ. semilunata*, Lam. ou *Caillaudii*, *Fér.*, que Bruce, qui l'observa le premier au-dessus des cataractes du Nil, prenait pour une Huître d'eau douce, acquiert aussi un développement très-rapide dans les deux seuls fleuves où il a été observé : le Nil et le Sénégal (1). Lorsqu'on remonte ce dernier jusqu'à une certaine distance de son embouchure, les Étéeries forment, dit-on, sur les bords et sur son lit des bancs exploités pour la fabrication de la chaux. Ætheria.

Ainsi nous trouvons de nos jours des coquilles d'eau douce et d'eau saumâtre qui se multiplient avec une telle rapidité qu'elles peuvent donner lieu à des couches d'une véritable importance, et, par conséquent, ce résultat n'est point exclusif aux temps géologiques. Nous verrons que les coquilles marines, entre autres les Huîtres et les Peignes, n'ont rien perdu non plus de leur ancienne fécondité.

§ 5. Des lignes isocrymes.

Ce que nous avons dit jusqu'ici de la distribution des êtres organisés, et plus particulièrement des mollusques, dans les diverses mers du globe, était le résultat d'observations partielles, dues à une multitude de voyageurs, puis réunies et

(1) On ne comprend pas que les auteurs de la 2e éd. de l'*Hist. natur. des animaux sans vertèbres* (vol. VI, p. 594) n'aient point dit formellement que les indications d'*habitat* des espèces de Lamarck étaient erronées, ce qui laisse croire au lecteur que ces espèces sont marines. Celle d'Égypte seule serait fluviatile; quant à celle du Sénégal, elle n'est pas mentionnée spécifiquement. De Lamarck et ses continuateurs écrivent *Etheria*, Éthérie.

combinées d'une manière plus ou moins arbitraire ou naturelle, suivant l'exactitude des données que l'on possédait et le point de vue particulier de chaque naturaliste. A l'exception d'Ed. Forbes, de Löven, de Mac-Andrew et d'un petit nombre d'autres, on n'avait étudié que des régions assez restreintes, sans principe fondamental et surtout sans vues générales présidant à la coordination et à l'arrangement systématique de tous les matériaux. Nous avons à exposer actuellement des recherches originales embrassant l'ensemble des mers, parfaitement applicables au sujet qui nous occupe et pouvant jeter un plus grand jour encore sur les causes de la diversité des organismes qu'elles renferment.

Exposition et définitions.

M. J. D. Dana (1), savant américain qui a parcouru comme géologue et zoologiste la plupart des mers du globe avec l'expédition scientifique du capitaine Wilkes, a cherché à se rendre compte de la distribution géographique des animaux marins, non par la considération des lignes d'égale température moyenne de l'année entière, ou bien de celles de l'été et de l'hiver, mais par celle des lignes d'égal froid extrême qu'il nomme *isocrymes*, lignes indiquant la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus froids de l'année et qui est nécessairement inférieure à la moyenne de l'hiver ou ligne isochimène. Ainsi la ligne isocryme de 20°, par exemple (voyez la planche 2 ci-après), passe par tous les points de l'Océan dont la moyenne de l'extrême froid ne s'abaisse pas au-dessous de + 20°. Nous prenons celle-ci pour exemple, parce que c'est, de toutes les lignes de cette sorte que l'on peut tracer à la surface des mers, la plus remarquable par son rapport direct avec la distribution d'une classe entière d'organismes marins.

Ces lignes sont préférables aux lignes isothères ou d'égal été, parce que, dit M. Dana, la limite de répartition des espèces au nord et au sud de l'équateur est causée par le froid de l'hiver plutôt que par la chaleur de l'été, ou encore par la

(1) *On an isothermal oceanic chart* (*Amer. Journ. of science*, de Silliman, 2e sér., vol. XVI, 1853).

moyenne ou isotherme de l'année, cette dernière pouvant être la même pour des extrêmes de chaud et de froid très-différents. Si ces extrêmes sont peu écartés, l'égalité des saisons et surtout la douceur de l'hiver favorisera le développement d'espèces qui ne sauraient prospérer sur les points où règnent des hivers froids et des étés chauds, où par conséquent les extrêmes sont très-prononcés.

Les lignes isothères ou d'égal été moyen ont aussi leur importance, mais c'est surtout pour les espèces d'eau douce et terrestres et pour les plantes littorales. Lorsque l'été d'un continent est excessif, comme dans l'Amérique du Nord, beaucoup d'espèces s'étendent assez loin des tropiques, au lieu d'être confinées sous les basses latitudes; mais dans l'Océan l'extrême froid de l'eau, partout où il n'y a pas de glaces permanentes, n'est que de quelques degrés au-dessous de zéro. Ainsi l'échelle de température ou la différence entre les températures extrêmes d'une région marine est peu étendue. La région dont la température moyenne extrême de l'hiver est de 20° en a 26° 67 pour le mois le plus chaud de l'été, et la ligne de 13° 33 de l'Atlantique, qui se trouve à la latitude de l'état de New-York, suit la ligne d'été de 21° 11. Dans tous ces cas la différence des extrêmes n'est que de 12° à 14°. Le plus grand écartement que présentent les températures extrêmes de l'Océan est de 34° 44, la plus haute étant de 31° 11 et la plus basse — 3° 33, tandis que l'échelle de température de l'atmosphère est de plus de 65° ou de près du double. Les cours d'eau, à la surface des continents et des îles, ont des températures moins extrêmes que l'air, mais plus prononcées que celles de la mer.

A 30° au nord et au sud de l'équateur la température des eaux, en été, ne varie que de 3° à 4° dans l'Atlantique, de 6° à 8° dans le Pacifique. L'isotherme de juillet, de 26° 67, passe près du parallèle de 30°, et l'extrême température de l'Atlantique sous l'équateur dépasse rarement 29°.

La distribution des êtres organisés est soumise à des lois beaucoup plus simples dans les mers qu'à la surface des con-

tinents. Tout tend à y égaliser les conditions de la vie, au lieu que sur ceux-ci le climat sec ou humide, le sol sableux et stérile, marécageux ou fertile, couvert d'une végétation d'arbres serrés ou de végétaux herbacés, à une faible hauteur au-dessus de la mer, ou à de plus ou moins grandes altitudes, sont des circonstances qui influent directement sur la distribution des espèces terrestres et qui obligent à y tracer des subdivisions plus nombreuses sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure.

Les lignes *isocrymes* adoptées par M. Dana sont celles qui passent par les points où l'extrême froid moyen est successivement 26° 67, 23° 33, 20° 00, 16° 67, 13° 23, 10° 00, 6° 67 et 1° 67 (1). La température entre chaque ligne diminue d'environ 3° 33, excepté entre les deux derniers chiffres, où elle est de 6° (voy. la pl. 2 ci-après).

Le motif qui a fait choisir ces lignes de préférence, c'est que la ligne de 20° est la limite que l'auteur adopte pour l'extension des coraux qui élèvent des récifs. Au delà, de chaque côté de l'équateur, il n'y a plus de vrais madrépores tels que les Astrées, les Méandrines, les Porites, etc. C'est aussi la limite d'un grand nombre de mollusques et de radiaires, au delà de laquelle on observe un changement brusque dans la zoologie géographique.

Sous la ligne de 23° 33, située à l'intérieur de la précédente, les coraux des îles d'Hawaï, au nord, et les mollusques jusqu'à une grande distance, diffèrent d'une manière assez frappante de ceux des îles Fidji, au sud. Les Astrées et les Méandrines y sont peu nombreuses ou moins importantes dans la composition des récifs que les Porites et les Pocillopores, qui sont les plus robustes, car là où ces derniers se montrent dans les régions équatoriales, ils sont soumis aux plus grandes différences dans la pureté de l'eau et restent plus longtemps exposés au-dessus de son niveau.

(1) Les températures sont exprimées par M. Dana en nombres ronds ; mais, comme il fait usage du thermomètre de Fahrenheit, leur réduction en degrés centigrade donne des chiffres fractionnaires peu commodes que nous n'avons pu éviter.

Les mers des îles Fidji ou Viti, au sud, où passe cette même ligne de 23° 33, sont extrêmement riches en espèces des tropiques. Les polypiers s'y développent avec la plus grande variété de formes, « dépassant, dit M. Dana, tout ce que j'ai observé ailleurs. » De sorte que la zone équatoriale comprise entre ces deux lignes de 23° 33 est la région torride par excellence pour le développement des animaux marins.

Relativement à la ligne de 26° 67, plus rapprochée encore de l'équateur, elle ne semble pas avoir une grande importance sous ce point de vue. Elle ne constitue d'ailleurs qu'une courbe fermée embrassant un espace elliptique, situé au milieu de l'océan Pacifique, traversé dans le sens de sa longueur par l'équateur de chaleur, et qui ne paraît pas être représenté dans les autres mers.

M. Dana propose de diviser les trois zones *torride*, *tempérée* et *froide* en *neuf régions* de la manière suivante (voy. pl. 2) : Division des zones.

	RÉGIONS.	LIMITES ISOCRYMES OU D'EXTRÊME FROID MOYEN.
1 ZONE TORRIDE OU DES POLYPIERS.	1 super-torride	26° 27 à 26° 27
	2 torride	26 27 à 23 33
	3 sub-torride	23 33 à 20 00
2 ZONES TEMPÉRÉES.	1 tempérée chaude	20 00 à 16 67
	2 tempérée	16 67 à 13 23
	3 sub-tempérée	13 23 à 10 00
	4 tempérée froide	10 00 à 6 67
	5 sub-froide	6 67 à 1 67
3 ZONES FROIDES.	1 froide	1 67 à 3 33

On pourrait ajouter une dixième région que l'on appellerait *polaire* ou *glaciale*, si la distribution des espèces vivant sous la zone froide l'exigeait. Les organismes qui se développent ou vivent sur la glace et la neige de ces hautes latitudes peuvent être rangés avec ceux des continents, et leur distribution dépend alors des isothermes et des isocrymes continentales.

L'*équateur de chaleur* est la ligne qui passe par les points des plus hautes températures observées à la surface des mers. Cette ligne est assez peu fixe, variant avec les saisons, d'où résulte une certaine difficulté pour la tracer exactement. Équateur de chaleur et équateur magnétique.

M. Dana, en se servant de la carte de Berghaus, a remonté cette ligne beaucoup au N. dans l'océan Pacifique occidental, et une flexion dans l'Atlantique occidental est due aux courants venant du sud et qui longent les continents méridionaux. Dans l'état actuel de ce tracé on n'observe aucun rapport entre l'équateur de chaleur et l'équateur magnétique; ils coupent tous deux l'équateur terrestre en des points très-différents et suivent au N. et au S. des courbes sans aucune analogie entre elles (voyez pl. 2 ci-après).

Description des régions.

Un examen rapide de la forme, de la largeur variable sur divers points des régions précédentes, puis des relations entre les températures des côtes sous diverses latitudes et d'autres circonstances encore font connaître, pour chacune d'elles, les résultats suivants, en commençant par l'*Atlantique :*

La *région torride* de cet océan, qui s'étend entre les températures d'extrême froid moyen de 23° 33 au N. et de 23° 33 au S., affecte une forme triangulaire très-particulière. Sa largeur varie de 4 à 46 degrés. Sur la côte d'Afrique, elle comprend une partie de la côte de Guinée, à l'ouest toutes les Antilles, les récifs qui les bordent et la côte d'Amérique, depuis le Yucatan jusqu'à Bahia. Cette disposition est parfaitement d'accord avec la grande extension des espèces marines sur la côte d'Amérique; car cette région embrasse, en effet, la province zoologique que nous avons appelée caraïbéenne, l'une des plus riches du globe, et à l'est la partie nord de la côte africaine occidentale.

Les *régions sub-torrides* s'étendent entre les lignes isocrymes de 23° 33 et de 20°. Celle du nord a une largeur moyenne de 6 degrés. Elle s'étend de la côte de la Floride à la côte d'Afrique, sous des latitudes qui diffèrent de 10 degrés. Les Bermudes et les îles du Cap-Vert y sont comprises. Celle du sud a la même largeur moyenne. Si l'on considère comme un tout la zone torride de l'Atlantique, on trouve que sa largeur est de 21 degrés à l'est et de 64 à l'ouest; aussi de ce dernier côté rencontre-t-on beaucoup d'espèces qui vivent depuis la Floride et les Bermudes jusqu'à Rio-Janeiro.

Les *régions tempérées chaudes* s'étendent entre les lignes de 20° et 16°67. Celle du nord a 14 degrés 1/2 de largeur sur la côte d'Afrique et 7 seulement sur celles des États-Unis, au sud du cap Hatteras, dans les Carolines, la Géorgie et la Floride; puis elle comprend les îles Canaries. Celle du sud a 5 degrés de largeur en moyenne, et sa limite orientale sur la côte d'Afrique est située à 16 ou 18 degrés plus au nord que sa limite occidentale sur la côte de l'Amérique du Sud.

Les *régions tempérées* proprement dites sont situées entre les lignes de 16° 67 et 13° 23. Celle du nord n'est à l'ouest qu'un étroit ruban aboutissant au cap Hatteras, s'élargissant à l'est, où elle comprend les Açores, la côte du Maroc, le détroit de Gibraltar et une grande partie de la Méditerranée. Madère est sur sa limite méridionale. L'analogie des faunes de Madère, des Açores et de la côte d'Afrique se trouve expliquée par là ainsi que leur exclusion des côtes de l'Europe. Les côtes du Portugal et des Açores, bien que placées sous la même latitude, appartiennent ainsi à des régions zoologiques différentes. La région tempérée du sud s'étend jusqu'à Maldonado, à l'embouchure de la Plata. Sur la côte d'Afrique sa largeur est double et elle remonte jusqu'à 5 degrés au nord de la ville du Cap.

Les *régions sub-tempérées* sont comprises entre les lignes de 13°23 et 10°. A l'ouest, la septentrionale ne peut être distinguée des précédentes, qui convergent ensemble au cap Hatteras; à l'est elle comprend la côte du Portugal, sur 5 degrés de largeur, et correspond à la région lusitanienne d'Ed. Forbes. La méridionale comprend d'un côté l'embouchure de la Plata et de l'autre s'étend de la ville du Cap au delà du cap de Bonne-Espérance.

Les *régions tempérées froides* s'étendent de la ligne de 10° à celle de 6° 67. La côte du cap Cod au cap Hatteras appartient à la région septentrionale qui, à l'est, suit une bande d'abord très-étroite, s'élargissant ensuite pour atteindre la côte d'Europe où elle s'étend de l'ouest de l'Irlande à la côte d'Espagne par 42 degrés de latitude, embrassant ainsi la province celtique en grande partie et la baie de Vigo. La région méridio

nale comprend la côte sud de l'Amérique, sur une étendue de 5 degrés de latitude, et passe tout entière à l'est de la pointe sud de l'Afrique.

Les *régions sub-froides* sont situées entre les lignes de 6° 67 et 1° 67. Celle du nord, depuis la baie du Massachusetts, au nord du cap Cod et la Nouvelle-Écosse, remonte dans la direction du N.-E., au delà du 70e degré de latitude. Celle du sud, au contraire, se dirige de l'E. à l'O. en suivant les parallèles ou à peu près, et comprend la Patagonie méridionale, la Terre-de-Feu et les îles Falkland.

Enfin la *région froide*, au delà de la ligne de 1° 67, s'étend jusqu'aux pôles.

Résumé. Disposition particulière dans l'Atlantique.

Si maintenant nous prenons pour ligne de comparaison moyenne dans l'Atlantique l'équateur de chaleur qui part de la baie de Campêche, dans le golfe du Mexique, et, après plusieurs sinuosités, aboutit à la côte d'Afrique, vers l'île de Fernando-Po, à 18 degrés plus au sud que son point de départ, nous verrons que les régions nord-torride, sub-torride, tempérée-chaude s'abaissent également de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., en décrivant des courbes sinueuses dont la convexité est tournée vers le N. La région tempérée tend à suivre le parallèle en se redressant; la région sub-tempérée remonte, au contraire, vers le N., et la région froide-tempérée encore davantage, bien que leur extrémité orientale sur les côtes d'Europe s'infléchisse toujours au S. Enfin, les régions sub-froide et froide se dirigent des côtes d'Amérique au N.-E., en faisant un angle droit avec l'équateur de chaleur. De la Nouvelle-Écosse à la pointe de la Floride, où toutes les régions de l'Atlantique Nord viennent converger, elles semblent rayonner comme les branches d'un immense éventail vers les côtes opposées de l'Afrique et de l'Europe en s'étendant de l'équateur au cap Nord.

Les mêmes régions, considérées au sud, se coordonnent aussi les unes aux autres, mais d'une manière tout à fait différente. La forme triangulaire de la région torride fait que sa limite sud ou le côté méridional du triangle est dirigé du S.-O. au N.-E., de la côte d'Amérique à celle d'Afrique, en sens inverse,

du côté nord du triangle qui était dirigé du N.-O. au S.-E. Les régions suivantes, après avoir fait un coude assez prononcé le long de la côte d'Amérique, se dirigent vers l'E.-N.-E. en s'abaissant de plus en plus vers le S., de manière que la zone sub-froide se trouve presque dans le sens des parallèles.

Les rapports des directions de ces lignes d'égal froid extrême avec celles des divers courants qui sillonnent l'Atlantique montrent souvent une concordance remarquable, mais il y a de nombreuses exceptions pour l'explication desquelles il nous faudrait une connaissance plus complète que nous ne l'avons de la température de ces mêmes courants, afin d'apprécier leur influence sur les inflexions diverses de ces lignes.

Si nous passons à l'examen comparatif des régions de l'océan Pacifique, nous trouverons encore qu'elles présentent, avec celles de l'Atlantique, les différences les plus prononcées dans leur largeur, leur direction et leurs contours. Disposition générale des lignes dans les deux océans.

Ainsi, près de la côte occidentale d'Amérique, la *région torride* n'a que 17 à 18 degrés de largeur, et elle est presque entièrement au nord de l'équateur, tandis que celle de l'Atlantique, qui longe une si grande étendue de côtes descend jusqu'à 15 degrés au sud. La *région sub-torride* a 3 degrés de large sur la côte du Pérou, où elle atteint le 4e degré de latitude S. au cap Blanco, et celle de l'Atlantique s'étend jusqu'à Rio-Janeiro par 24 degrés. La *région tempérée chaude* n'a pas un degré de largeur sur la côte vers le 5e degré de latitude S., tandis que celle de l'Atlantique s'étend à Rio-Grande par 33 degrés de latitude S. La *région tempérée* a une extension plus considérable que les précédentes, et la *région tempérée froide* couvre presque les mêmes latitudes dans les deux océans.

On a vu que sur la côte orientale de l'Amérique du Nord, au cap Hatteras, les lignes isocrymes de 16° 67, 13° 23 et 10° quittent ensemble le littoral; sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, aux environs du cap Blanco, on observe un nœud semblable par le concours en un point des lignes de 23° 33, 20° et 16° 67.

Si, au lieu de considérer les lignes isocrymes des deux océans dans leur disposition le long des côtes, nous les envisageons dans toute leur étendue, nous remarquerons d'abord que la largeur de la zone méridionale torride, dans le Pacifique, a plus de deux fois celle qu'elle atteint dans l'Atlantique, et ensuite que les régions suivantes offrent également des différences notables. La région torride de l'océan Pacifique qui n'a que 6 degrés de largeur à l'est, vers sa limite extrême à l'ouest en a 49; la zone des récifs de coraux a, dans le voisinage de l'Amérique, 18 degrés de largeur; elle en a 66 le long des côtes de l'Asie et de l'Australie.

La *région torride* occupe la plus grande partie de l'océan Indien, comprenant tout le nord de l'équateur et la portion la plus considérable de Madagascar. La *région sub-torride* s'étend au delà de Port-Natal, sur la côte d'Afrique, à 4 degrés au nord de la ville du Cap, où il y a des récifs de coraux, et dans le sud de la mer Rouge.

Si l'on oppose, dans leur ensemble, les *zones torrides* de l'Atlantique et de l'océan Indo-Pacifique, on est frappé de l'énorme différence de leur largeur, en rapport sans doute avec la position des continents, beaucoup plus rapprochés dans un cas que dans l'autre.

Cette immense zone torride indo-pacifique ne diffère pas seulement de celle de l'Atlantique par sa largeur et sa longueur incomparablement plus grandes, mais aussi, et sans doute à cause même de cela, par sa température plus élevée, puisque c'est vers son milieu, entre 145° et 195° de longitude occidentale, qu'existe, dans un espace comparativement assez restreint, la zone *super-torride*. Ainsi c'est dans l'espace compris entre les îles Marquises et les îles Carolines, les îles Fijdi et les îles d'Havaï, espace que traverse dans sa plus grande longueur l'équateur de chaleur, que se trouve concentrée la plus haute température moyenne qu'atteigne les eaux de la surface du globe.

Les étendues occupées par les zones torride, tempérée et froide sont d'ailleurs très-diverses, et l'échelle des tempéra-

tures, ou la différence entre les plus hautes et les plus basses, est beaucoup plus grande dans les zones tempérées que dans la zone torride. Elle est, en effet, de 11° 20 dans cette dernière et de 18°60 dans les premières, ce qui peut contribuer à une plus grande variété de genres dans celles-ci pour un même nombre d'espèces.

Quant aux causes des directions, des inflexions en divers sens des lignes dont nous nous occupons, de l'élargissement ou du rétrécissement des régions qu'elles limitent, il faut les chercher comme pour les lignes d'égale température moyenne, de l'année, de l'hiver et de l'été dans la direction des vents, dans celles des courants marins, dans le mouvement de rotation de la terre, dans la distribution des saisons ou la position du soleil, etc., toutes causes qui appartiennent soit à la météorologie, soit à l'hydrographie, soit à la physique du globe et dont nous ne pourrions nous occuper ici sans nous écarter par trop de notre sujet.

Nous avons dû nous borner à constater leurs effets sur l'état thermométrique des mers, dont l'influence sur les produits organiques est si prépondérante, et nous avons fait remarquer, parmi les résultats les plus frappants, qu'il existait une différence très-prononcée entre la température de l'eau des parties opposées d'un océan sous des latitudes correspondantes.

Ainsi les régions que nous avons appelées *tempérée* et *sub-tempérée* occupent, du côté de l'Europe, la plus grande partie de la Méditerranée, les côtes d'Espagne et d'une portion de l'Afrique, tandis qu'elles manquent du côté de l'Amérique à cause du rapprochement, au cap Hatteras, des eaux froides du nord avec les eaux chaudes du sud. Cette circonstance explique les différences des productions marines sur les côtes ou dans les mers aux mêmes latitudes. Un autre résultat plus remarquable encore, c'est que les récifs de polypiers se développent aux Bermudes par 34° latitude N., sous l'influence de la température élevée du Gulf-stream et manquent aux îles Gallapagos, situées sous l'équateur.

Grandes provinces zoologiques.

La subdivision des mers en régions de température, comme nous venons de la présenter, nous donne le moyen de partager les côtes continentales en provinces zoologiques, ainsi que nous l'avons déjà essayé, mais actuellement d'une manière plus méthodiqne et plus complète, en ce que les causes de leurs limites résultent de ces considérations mêmes. La distribution des crustacés, dont M. Dana s'est particulièrement occupé, montre que ces régions sont, sous ce rapport, également naturelles et bien caractérisées.

On a dit que chaque province zoologique avait été regardée comme un centre de création et de diffusion pour les groupes d'espèces, mais on conçoit également que chaque espèce peut avoir eu son point de départ et son centre particulier de diffusion. Quoi qu'il en soit, rien ne prouve que des régions particulières aient été, dans l'origine, privées de développement vital et qu'elles n'aient été peuplées que par les migrations de centres de création prédéterminés. Nous n'aurions d'ailleurs aucun moyen pour reconnaître aujourd'hui ces centres. La région particulière de température où une espèce a été créée est indiquée, à ce qu'il semble, par cela même qu'elle s'est montrée plus favorable à son développement. Par suite, on peut voir que chaque localité a quelques espèces qui lui sont particulièrement adaptées, et en général on peut penser que toutes les régions ont leur création spéciale.

Influence des caps.

Outre les causes qui concourent, comme on l'a dit tout à l'heure, à limiter les régions de température et à influencer par suite les produits de la vie, les caps, ou pointes avancées le long des côtes des continents et des grandes îles, sont aussi des limites naturelles de provinces zoologiques. Ce sont les points où les courants froids ou chauds s'éloignent du littoral et où, par conséquent, il y a au delà un changement brusque dans la température.

On en a un exemple frappant sur la côte orientale du nord de l'Amérique, au cap Hatteras, point de concours des lignes isocrymes de 16° 67, 13°23, 10°, et un autre sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, au cap Blanco, où convergent

les lignes de 20°, 16° 67 et presque celle de 23° 33. Le cap Est de l'Australie orientale est le point de réunion des lignes de 23° 33 et de 20°; à l'extrémité sud de l'Afrique et sur la côte orientale d'Asie on observe la même circonstance. Le cap Cod, qui est un point bien connu de zoologie géographique, est la terminaison de l'isocryme de 6° 67, et le cap Nord de la Plata, en dedans de Maldonado, en est un autre.

Un petit nombre de provinces zoologiques ont 500 milles de long, tandis que quelques-unes atteignent 4000 milles.

Les trois divisions zoologiques principales.

M. Dana range dans trois grandes divisions les côtes du globe, considérées sous le rapport de la zoologie géographique marine. La première, *américaine* ou *occidentale*, comprend les côtes est et ouest du continent américain; la seconde, appelée *africo-européenne*, embrasse les côtes d'Europe et de l'Afrique occidentale; la troisième, ou l'*orientale*, est composée des côtes est de l'Afrique, de celles de l'Inde, de l'Asie orientale et méridionale et de celles que baigne l'océan Pacifique central et méridional. En outre, il y a les régions arctiques et antarctiques comprenant les côtes des régions froides et accidentellement, comme la Terre-de-Feu, celles de la zone tempérée froide extrême.

Sur les côtes est et ouest du continent américain, l'auteur admet qu'il y a beaucoup de genres qui se ressemblent et qu'en outre il y a un certain nombre d'espèces identiques. Les crustacés des côtes de l'Europe et de l'Afrique diffèrent essentiellement de ceux de la division américaine comme de ceux de la division orientale. Les espèces de cette dernière ont une grande analogie par les genres auxquels elles appartiennent, et beaucoup d'espèces de l'est de l'Afrique sont identiques avec celles du Pacifique. Ceci confirme ce que nous avons déduit précédemment de l'étude des mollusques, et ce que nous dirons des polypiers appuiera encore la réalité du caractère propre qui distingue tous les organismes marins de la région indo-pacifique de ceux des autres mers du globe.

Ces trois divisions principales ou *royaumes*, comme les appelle M. Dana, sont ensuite partagées en un plus ou moins

grand nombre de provinces dont les limites respectives sont déterminées par rapport à la latitude, et leur étendue en longueur évaluée approximativement. 13 provinces sont distinguées de cette manière sur la côte occidentale de l'Amérique, 11 sur sa côte orientale, 13 dans la division africo-européenne, 4 dans la division orientale sur la côte Est de l'Afrique et des îles voisines, 12 dans la section asiatique et 6 dans la section du Pacifique, en tout 59 provinces zoologiques, non compris les zones ou régions froides arctiques et antarctiques, au lieu de 18 que nous avons indiquées d'après la seule considération des mollusques recueillis sur divers points, mais sans les données systématiques déduites des lignes de température dont nous venons d'exposer la distribution et l'influence à la surface des mers.

§ 6. Distribution bathymétrique des êtres organisés.

Dans les sections précédentes nous nous sommes particulièrement occupé du développement relatif et de la répartition, par régions géographiques, des organismes marins. Ce que nous avons dit de leur distribution en profondeur ou bathymétrique était le résultat de recherches fort intéressantes, sans doute, mais limitées encore à des mers peu profondes et à des surfaces peu étendues, de sorte qu'on pouvait regarder comme prématurées quelques-unes des conclusions émises à cet égard et les lois que l'on avait cru reconnaître. D'un autre côté, l'ensemble des observations publiées par MM. Ed. Forbes, Austen, Löven, Woodward, Mac-Andrew, Dana, etc., formait pour chacun d'eux un tout ou système qu'il eût été fâcheux d'interrompre par des discussions et l'intercalation de matériaux étrangers.

Les plus récentes acquisitions de la science dont il nous reste à parler ne sont pas elles-mêmes hors de contestation; elles n'ont encore reçu ni la sanction du temps ni la vérification de l'expérience, et il nous a paru préférable de les réunir à la suite des précédentes, dans une section particulière où il sera

facile au lecteur de les rapprocher des divers sujets auxquels elles se rattachent et qui ont déjà été traités dans ce même chapitre. Disons, enfin, que le temps ne semble pas venu d'une synthèse générale et systématique des faits de cette nature, encore trop peu nombreux, et qu'il est préférable de les exposer dans l'ordre de leur découverte ou de leur publication.

Observations diverses.

On a vu que dans ses recherches bathymétriques Ed. Forbes avait constaté l'existence d'animaux marins vivant dans la mer Égée jusqu'à la profondeur de 420 mètres, et il avait cru pouvoir conclure de l'appauvrissement graduel des faunes à mesure qu'on descendait, que la limite de la vie ne s'étendait pas beaucoup plus loin. Cependant aucune donnée précise n'était venue justifier cette présomption, et, d'un autre côté, la difficulté d'opérer des dragages à de telles profondeurs, et à plus forte raison au delà, avec les moyens connus alors, ne permettaient pas d'obtenir facilement la preuve que des animaux pussent vivre sous des pressions de plusieurs centaines d'atmosphères, dans un milieu probablement immobile, privé de lumière et à une température comprise entre le maximum de densité de l'eau et zéro.

On sait aujourd'hui que les sondages poussés à de très-grandes profondeurs sont sujets à des causes d'erreur dont il est difficile de se garantir sans des précautions particulières et même sans des appareils construits spécialement pour cette destination. Le choc du plomb sur le fond et la tension de la ligne sont des données insuffisantes; ainsi, à ces grandes profondeurs le choc ne se transmet plus et les courants marins, entraînant la ligne, la tiennent tendue, quoique le plomb ait touché, de sorte qu'au delà de 2500 à 3000 mètres on ne doit plus compter sur ce mode d'expérimentation. Diverses tentatives exécutées à bord de navires américains, par ordre du gouvernement, pour atteindre ce que l'on appelle le *fond des eaux bleues*, avaient d'abord donné les résultats suivants (1).

(1) F. Maury, lieut. de la marine des États-Unis, *Géographie physique de la mer*, trad. franç. par P. A. Terquem, p. 362, in-8°, 1858.

Le lieutenant Walsh, du navire le *Taney*, n'a point rencontré le fond avec une sonde de 10,363 mètres, non plus que le lieutenant Berryman, sur le *Dolphin*, avec une sonde de 11,888 mètres. Le capitaine Denham, allant de Rio-Janeiro au Cap, sur le navire anglais le *Herald*, se trouvait, le 30 août 1852, par 36° 49' lat. S. et 37° 6' longit. occid.; il a descendu la sonde jusqu'à 14,020 mètres, et dans les mêmes parages le lieutenant J. P. Parker, de la frégate des États-Unis le *Congress*, est parvenu à descendre le plomb jusqu'à 15,239 mètres. On sait que c'est aussi à 900 milles à l'ouest de Sainte-Hélène que sir J. Ross a descendu une sonde de 450 livres à 9143 mètres.

Le golfe de Mexico a une profondeur de 1200 à 1500 mètres. L'océan Pacifique du Nord, entre le Japon et les côtes de la Californie, a une profondeur moyenne de 4000 mètres, qui est à peu près la même que celle de l'Atlantique Nord. Plus au sud, les profondeurs augmentent de part et d'autre. La moyenne des dépressions des bassins des mers serait, suivant M. Dana, de 4500 à 6000 mètres.

En ayant soin de noter le temps écoulé pour filer la sonde de 100 brasses en 100 brasses et prenant d'ailleurs en considération toutes les données et les circonstances qui permettaient de rendre les résultats comparables, on parvient à obtenir, en secondes de temps, la loi de la vitesse pour la descente du plomb, et, en appliquant cette loi aux résultats ci-dessus, on s'est convaincu qu'ils n'étaient point exacts et devaient être beaucoup trop forts. En outre, aucun de ces sondages, quand même il eût atteint le fond, n'aurait pu en faire connaître la nature, le boulet qui servait de poids étant abandonné; aussi dut-on y obvier par l'appareil du lieutenant Brook, qui consiste en un boulet traversé perpendiculairement par un cylindre attaché à la ligne. Ce cylindre, quand il a touché le fond, abandonne le boulet au moyen d'un déclic et est ramené à la surface avec les corps du fond qu'un enduit de suif y a fixés.

Les plus grandes profondeurs obtenues avec certitude dans l'océan Atlantique du Nord, suivant M. Maury, ne dépassent pas 7630 mètres. La planche XI de l'atlas joint au livre du sa-

vant américain, et que nous avons reproduite en partie (pl. 1, ci-après), représente cette portion considérable des mers comprises entre les côtes de l'ancien et du nouveau continent, depuis le 10° latitude S. jusqu'au 54° latitude N. Elle est ombrée de quatre teintes dont l'intensité décroît avec la profondeur à partir des côtes. Nous leur avons substitué des chiffres romains de I à IV indiquant les quatre zones en profondeur. La première borde les rivages jusqu'à des profondeurs moindres que 1828 mètres, la seconde les fonds qui n'atteignent pas 3656 mètres, la troisième ceux qui n'atteignent pas 5484 mètres, la quatrième ceux qui descendent à 7712 mètres. L'espace qui se trouve au sud de la Nouvelle-Écosse et du banc de Terre-Neuve, dirigé de l'E. à l'O. comme un profond fossé, s'élargissant à son extrémité orientale et marqué du chiffre V, présente des points plus profonds qui atteindraient 8000, 9000 et jusqu'à 12,000 mètres, mais restés encore douteux. La partie la plus basse de cette région se trouverait entre les Bermudes et le grand banc de Terre-Neuve. Un peu à l'est du méridien de ce banc un sondage indique, mais avec doute, 6600 brasses ou 13,880 mètres. Nous n'avons reproduit sur notre carte que les cotes de sondages nécessaires pour indiquer les principaux points par où passent les lignes limites des zones de profondeurs.

Entre le cap Race, à Terre-Neuve, et le cap Clear, sur la côte d'Irlande, existe une surface sous-marine appelée le *plateau télégraphique*. La distance entre ces deux points est de 1640 milles, et la profondeur de la mer, suivant cette ligne, ne dépasse nulle part 3600 mètres. Les échantillons que les sondages ont ramenés de profondeurs qui n'étaient pas moindres de 3000 mètres n'ont présenté à M. Bailey, de West-Point, que des coquilles microscopiques sans sable ni gravier; c'étaient des rhizopodes calcaires et des diatomacées siliceuses.

Le savant micrographe américain croit que ces petits organismes vivent plus près de la surface et que leurs coquilles tombent au fond après la mort de l'animal. A ces profondeurs, dit M. Maury (p. 379), les eaux sont dans un repos absolu,

aucun mélange ne s'y fait des substances qui y tombent, et ces petits corps organisés, quelque délicats et fragiles qu'ils soient, y restent intacts. A 3600 mètres, s'ils étaient vivants, ils auraient à supporter une pression de 400 atmosphères, privés de chaleur et de lumière.

Dans l'océan Indien, la ligne descendue par M. Maury à 7040 brasses (12,812 mètres) n'a rien ramené du fond ; mais dans la mer de Corail, par 13° latitude S. et 162° longitude E., elle a rapporté de 3931 mètres des spicules siliceuses d'éponges nombreuses et de formes variées, quelques diatomacées siliceuses (*Coscinodiscus*), de très-rares rhizopodes calcaires, des polycistinées, *Haliomma*, etc. Nous avons vu que dans les sondages de l'Atlantique les rhizopodes calcaires ou foraminifères dominaient ; ici ce seraient les infusoires siliceux. Ainsi le fond des mers, sur des points très-différents, présente des organismes microscopiques très-différents aussi.

(P. 392.) Trois sondages ont été exécutés par le lieutenant Brooke dans le nord de l'océan Pacifique ; le premier, par 56° 46' latitude N. et 168°18' longitude E., a atteint 4937 mètres ; le second, par 60°15, latitude N. et 170°53, longitude E., 3000 mètres ; le troisième, par 60° 30' latitude N. et 175° longitude E., 1358 mètres.

Les échantillons de ces sondages étudiés par M. Bailey lui ont fait reconnaître que la quantité des substances minérales (quartz, amphibole, feldspath et mica) diminuait à mesure que la profondeur augmentait. Ainsi, dans les sondages 1 et 2, les corps organisés sont plus abondants que les fragments inorganiques, et c'est le contraire dans les produits du n° 3. Partout c'était des diatomacées (*Coscinodiscus*), souvent avec leurs deux valves et dans un parfait état de conservation, des spicules siliceuses d'éponges, mais pas un seul échantillon de rhizopodes calcaires. Ces dépôts ainsi composés presque exclusivement d'organismes microscopiques, dit M. Bailey, s'étendent vers les hautes latitudes et ressemblent à ceux des régions antarctiques, étudiés par M. Ehrenberg. L'état de conservation des enveloppes solides et la plupart de leurs valves réunies

prouvent que ces organismes n'étaient pas morts depuis longtemps, sans cependant qu'on puisse être certain qu'ils aient vécu à ces profondeurs. Les mêmes infusoires s'observent dans le golfe du Mexique, au fond du Gulf-stream, sur les côtes de la Caroline et sur les fonds des côtes de l'Islande. Tout porte à croire que ces profondeurs sont des régions tranquilles que n'atteignent pas les agitations causées par les tempêtes de la surface.

Une des applications les plus remarquables de la physique aux relations sociales est aussi venue fournir, d'une manière inattendue, des renseignements sur la profondeur à laquelle peuvent vivre certains animaux marins. Une partie du câble électrique, descendu dans la Méditerranée entre Cagliari et la côte d'Afrique, vint à se rompre après avoir séjourné deux ans à une profondeur de 2000 à 2800 mètres. Des fragments ayant été retirés furent trouvés recouverts de corps étrangers et d'animaux qui avaient vécu à sa surface et y étaient encore attachés à sa sortie de l'eau.

M. Alph. Milne Edwards (1), qui les examina avec soin, y reconnut l'*Ostrea cochlear*, que l'on savait déjà vivre à 100 et 150 mètres de profondeur, puis un petit Peigne, variété du *P. opercularis*, commun dans la Méditerranée, et qui était orné de vives couleurs, le *P. Testæ*, très-rare, un *Monodonta limbata* et un *Fusus lamellosus* renfermant encore les parties molles de l'animal. Les Polypiers trouvés sur le même fragment de câble étaient un *Caryophyllia arcuata*, qui est fossile dans les marnes subapennines, une autre espèce, le *Caryophyllia electrica*, plus commune, à ce qu'il paraît, à ces profondeurs, avec un troisième turbinolien, le *Thalassiotrochus telegraphicus*. Il y avait encore des fragments de bryozoaires, de Gorgone et des tubes calcaires de Serpules. La plupart de ces espèces, ramenées vivantes de 2000 à 2800 mètres et à habitudes sédentaires, appartiennent les unes à des espèces regardées comme très-rares, les autres à des formes nouvelles ; enfin plusieurs sont fossiles dans les dépôts tertiaires supérieurs.

(1) *Ann. des sc. natur.*, 4e sér., vol. XV, n° 3, 1861.

M. Torell, qui a dirigé une expédition scientifique suédoise au Spitzberg, signale des mollusques et des zoophytes ramenés de 2500 mètres de profondeur dans les mers polaires (1).

Recherches de M. G. C. Wallich.

Nous exposerons actuellement les principaux résultats des recherches exécutées par M. G. C. Wallich, médecin attaché en qualité de naturaliste au bâtiment le *Bulldog*, chargé, en 1860, par le gouvernement anglais des travaux préparatoires pour la pose du télégraphe entre la Grande-Bretagne et l'Amérique (2). La première partie de ces observations, qui seule a paru au moment où nous écrivons, renferme de nombreux et très-intéressants documents sur les diverses questions qui viennent de nous occuper, mais ce sont plutôt des notes de voyages que l'auteur a réunies qu'un livre régulièrement composé, de sorte que l'analyse que nous en donnerons devra paraître assez décousue. Bien que le titre porte *Partie Ire*, en réalité le fascicule publié en renferme *deux* et le commencement de la *troisième*. La seconde, intitulée : *Limite bathymétrique de la vie animale dans l'Océan*, est la seule dont nous ayons à nous occuper ici.

Observations anciennes de John et James Ross.

Contrairement à l'opinion généralement admise par les naturalistes sur l'extension limitée des animaux dans les profondeurs de la mer, M. Wallich rappelle d'abord les résultats obtenus à deux reprises et dans deux régions très-différentes par deux célèbres navigateurs anglais, résultats dont il ne semble pas que l'on ait tenu compte. En 1818, pendant son voyage de découvertes dans la baie de Baffin, sir John Ross (3) se trouvant, le 1er septembre, par 73° 37′ latitude N. et 75° 25′ longitude O., ramena avec la sonde, d'une profondeur de 1829 mètres,

(1) *Journ. de conchyliologie*, 2e sér., vol. II, n° 1, 1862.

(2) *The North-Atlantic sea-bed*, etc., in-4°, part. I, avec 1 carte et 6 pl. de rhizopodes. Londres, 1862. — M. Wallich, immédiatement au retour de l'expédition, avait publié une première note : *On the presence of animal life of vast depths in the sea*. (*Quart. Journ. of microscop. sc.*, p. 56 ; 1861.)

(3) *Voyage of discovery*, etc., vol. I, p. 247, 251, et vol. II, p. 5-49. Londres, 1819.

une boue molle renfermant des vers, et d'un autre sondage, de 1463 mètres, une belle Euryale. Le 6 septembre, par 72°23′ latitude N. et 73° 07′ longitude O., la sonde atteignit le fond à 1920 mètres; elle remonta chargée de 6 livres de boue avec quelques petites pierres et du sable. Les organismes ramenés de ces profondeurs étaient un crustacé du genre *Hippolyte*, un autre du genre *Gammarus* (*G. Sabini*), deux annélides, une *Nereis phyllophora*, un *Lepidonotus Rossii* et le *Gorgonocephalus* (Euryale) *arcticus*, dont les bras avaient 2 pieds de long.

Dans la relation de son voyage aux terres antarctiques (1), sir James Ross s'exprime ainsi : Le 19 janvier 1841, la drague rapporta, de 475 mètres, des fragments de roches qui paraissent avoir été abandonnés par des glaces flottantes, puis d'autres de diverses sortes granitiques et volcaniques, des polypiers vivants, des corallines, des Flustres et une grande quantité d'invertébrés, dont 2 espèces de *Pycdogonum*, 1 *Idotæa Baffini*, que l'on croyait propres aux mers arctiques, 1 Chiton, 7 ou 8 espèces d'acéphales et de gastéropodes, une espèce nouvelle de *Gammarus* et deux espèces de Serpules adhérentes à des cailloux. Il est intéressant, ajoute le savant navigateur, de retrouver ici plusieurs espèces qui habitent également les hautes latitudes Nord (2). L'extrême pression aux plus grandes profondeurs ne paraît pas les affecter. Nous n'avons pas été au delà de 1829 mètres, mais de cette profondeur plusieurs mollusques ont été rapportés avec la boue. D'après M. Ch. Stokes, qui a examiné les spécimens provenant de ces sondages, le *Retepora cellulosa* et une *Hornère* ressemblant à l'*H. frondiculata*, Lamour., étaient certainement vivants lorsqu'ils ont été ramenés du fond. Ces résultats, qui échappèrent aux naturalistes, avaient été cependant mentionnés par madame Somerville qui en avait

(1) *Voyage of discovery in the Southern and Antarctic regions*, vol. I, p. 201 et suiv. Londres, 1847.

(2) Nous ne savons pas si cette identité d'espèce des régions polaires a été confirmée depuis.

tiré la conséquence naturelle que toutes les parties des mers devaient être peuplées (1).

M. Wallich rappelle ensuite que, en 1844 (2), et plus tard en 1857 (3), M. Ehrenberg croyait à l'existence des organismes microscopiques (rhizopodes, diatomacées et polycistinées) à de grandes profondeurs où règnent des formes particulières qui manquent dans les autres parties. Si, dit le savant micrographe de Berlin, ces sédiments des mers profondes étaient seulement des vases apportées par les courants, il n'y aurait certainement pas autant de formes particulières qu'on y en observe. Mais si les conclusions de M. Ehrenberg ont été méconnues, on doit dire que, à son tour, il n'a pas non plus tenu compte des faits signalés par John et James Ross vingt ans auparavant.

Remarques générales.

Tandis que la distribution des animaux et des plantes terrestres, dit plus loin l'auteur, est assez bien connue, celle des habitants de l'Océan est encore presque entièrement restreinte aux lignes des côtes, et même relativement à celles-ci nous ne possédons aucune vue systématique au delà des mers d'Europe. Les grandes provinces zoologiques de la pleine mer peuvent être, par conséquent, regardées comme encore inexplorées, sauf le cas d'un petit nombre d'être organisés flottants. M. Wallich, que des circonstances particulières ont conduit à ces recherches, nous semble d'ailleurs faire bon marché des travaux de ses prédécesseurs, entre autres d'Ed. Forbes, dont nous croyons cependant qu'il aurait bien fait d'imiter la clarté, l'élégance et l'excellente méthode d'exposition, qualités qui manquent complétement à son mémoire.

Plus un organisme est placé bas dans l'échelle des êtres, plus il semble se multiplier, plus sa distribution géographique est étendue, plus longue est sa durée dans le temps ; l'une quelconque de ces circonstances dépend non de l'accroissement de

(1) *Physical geography*, vol. II, p. 246; 1851.
(2) *Ann. and Magaz. nat. hist.*, vol. XIV, p. 169; 1844.
(3) Lettre à M. Maury in *Sailing Directions*, 8e éd., p. 175; 1857.

puissance et de la plus grande facilité à échapper aux actions destructrices, mais de la diminution de la sensibilité dont ces organismes sont doués.

(P. 96.) Bien que la température de l'Océan soit plus égale que celle de l'atmosphère, ses eaux sont susceptibles de changements climatologiques, importants par leurs effets sur la répartition des êtres organisés. Ces changements, plus fréquents et plus prononcés près de sa surface, y agissent aussi davantage ; mais, dès que l'on reconnaît que la vie animale, au lieu d'être bornée à quelques centaines de mètres, peut atteindre les plus profonds abîmes, l'extension des limites soit au-dessus, soit au-dessous du niveau des mers, devient presque égale dans les deux sens. On doit supposer qu'il y a, dans ces grandes profondeurs, des espaces inhabités comme sur la terre ; mais on peut également admettre qu'ils ne sont pas plus grands dans un cas que dans l'autre.

Nous ne savons sur quelles données expérimentales ni sur quelles séries d'observations l'auteur a établi l'espèce de tableau (p. 95) dans lequel il met en regard les causes qui agissent sur la distribution de la vie terrestre et de la vie marine. Huit causes sont énumérées de part et d'autre, et leur influence relative évaluée en fractions du nombre 1000. Nous ferons remarquer que, en évaluant, par rapport aux animaux terrestres, l'influence de la température à 400 et celle de la configuration et de la composition de la surface à 150, l'auteur est complétement en désaccord avec ce que nous avons dit plus haut (p. 159, 167). Les autres chiffres nous paraissent trop empiriques aussi pour être, quant à présent, de quelque utilité dans la pratique.

Il compare ensuite la différence des températures sur les terres émergées et dans les eaux, et remarquant que celles de l'Océan et de l'atmosphère sont dues en grande partie aux mêmes causes, leur chaleur provenant de la même source, on doit trouver dans la mer une ligne de température constante plus ou moins analogue à celle de l'atmosphère, bien que l'espace situé au-dessus et au-dessous de ces lignes limites soit Températures.

soumis à des lois très-différentes. C'est ce que nous avons vu ci-dessus en parlant de la ligne de température ou courbe isotherme de 3° 89 qui atteint sa plus grande profondeur au-dessous de la surface à l'équateur et le niveau de la mer par 56° 62′ latitude N., pour s'abaisser de nouveau au delà, en s'avançant vers le pôle (1). Cette ligne est ainsi représentée, le long d'un méridien donné, par deux arcs plus grands et deux plus petits; mais, tandis que la température de l'atmosphère au delà de la ligne des neiges perpétuelles continue à s'abaisser, celle de la mer, au-dessous de la ligne de 3° 39 ou de 4°, l'auteur donnant 39° 5 Fahr., reste constante jusqu'au fond.

M. Wallich a cherché à rendre cette disposition par une figure (p. 99), qui nous semble n'exprimer qu'imparfaitement sa pensée; ainsi la ligne de 3° 39 n'atteint pas exactement le niveau de la mer à la latitude de 56° 62′; elle reste constamment plus bas, et au pôle elle se trouverait à la même profondeur au-dessous de la surface qu'à l'équateur; nous ne savons sur quelle donnée ou sur quel principe ce dernier fait peut reposer. La ligne des neiges perpétuelles n'atteint le niveau de la mer qu'au 80° latitude N., au lieu de 75°, que l'on admet ordinairement, sans doute à cause de ce que dit M. J. Richardson, que l'on n'a point observé dans les régions arctiques une surface basse de quelque étendue où la neige soit permanente (2).

Relations des organismes avec les profondeurs et les latitudes.

Tandis que la température semble régler la distribution des êtres organisés entre des limites regardées jusqu'à ce jour comme des extrêmes, il est très-probable que dans les profondeurs des mers, à partir de 400 mètres de la surface jusqu'aux régions que la sonde n'a pas encore atteintes, l'uniformité devient le caractère dominant des conditions de la vie, et que les nombreux organismes destinés à vivre dans ces circonstances se trouvent également distribués dans les vastes profondeurs des mers.

(1) Ce point est marqué comme on l'a vu suivant d'autres observations par 66°, et non par 56°,62.

(2) *Arctic searching Expedition*, vol. II, p. 213; 1851.

On a pensé longtemps que le nombre des types, comme celui des genres et des espèces d'animaux et de végétaux, diminue lorsqu'on s'avance de l'équateur vers les pôles, décroissement qui doit être en rapport avec l'abaissement de la température; mais, jusqu'à ce que l'on connaisse mieux les faunes profondes, il serait prématuré de vouloir juger des proportions numériques de leurs éléments sous diverses latitudes. On peut néanmoins présumer, d'après l'uniformité de température de toutes les eaux profondes, qu'il n'y existe pas de variations ou de différences tranchées comparables à celles qu'on observe dans les faunes terrestres et les faunes marines superficielles.

Ed. Forbes et M. Löven avaient observé que, dans les provinces zoologiques marines boréale et arctique, le plus grand nombre des types d'invertébrés se trouvaient, non pas dans les zones supérieures, mais dans les plus profondes connues alors sous ces latitudes, et de plus que l'extension en profondeur des quatre zones bathymétriques est beaucoup plus considérable que dans les provinces celtique et lusitanienne. Or, quoique M. Wallich n'ait pas eu occasion d'exécuter, sur les côtes du Groenland, des sondages au delà de 400 mètres, il a pu y faire l'application de la remarque précédente. Le développement moindre de la vie végétale et animale dans les couches d'eau supérieures qui correspondent aux zones littorales et des laminariées des provinces du sud y est sensible, et même, dans les baies et les fiords du Labrador et du Groenland, la croissance des algues ne commence guère qu'à la profondeur où elle cesse ordinairement sous les autres latitudes.

Les zones supérieures des régions où la côte est couverte de glace pendant huit mois de l'année sont, on le conçoit, dépourvues de formes animales et végétales, mais on voit les Méduses et les Béroés, pendant les temps calmes, nageant dans le voisinage des masses de glaces qui bordent les fiords.

Conditions des organismes dans les grandes profondeurs et à de grandes hauteurs.

(P. 105.) L'auteur étudie ensuite les conditions dans lesquelles doivent se trouver les animaux à de grandes profondeurs, et fait voir que la pression, la lumière et les faits cités pour prouver que ces basses régions sont inhabitables, ne peu-

vent être réellement admis. A la surface de la terre, des animaux et l'homme même peuvent éprouver une diminution de la moitié de la pression atmosphérique sans en être sensiblement incommodés. Le Condor est, parmi les oiseaux, un exemple frappant du pouvoir qu'ont les vautours de se soumettre à des changements brusques de pression en s'élevant jusqu'à 5500 mètres. On sait qu'il vit et couve entre 3000 et 4500 mètres. Des poissons vivent dans des lacs à 4000 mètres d'altitude, et il n'y a point d'élévation jusqu'à la limite des neiges perpétuelles où l'on n'observe des formes animales et végétales. Or, dans ce dernier cas, il est très-probable que c'est la basse température et non la raréfaction de l'air qui détermine la limite de la vie.

Les plantes, on le sait, fleurissent à de très-grandes hauteurs; au Chili, au Pérou, le blé croît abondamment à 4000 mètres; au Mexique, la limite des bois et des arbrisseaux est aussi à 4000 mètres; dans l'Himalaya, le *Genista* se trouve entre 5100 et 5500 mètres. Si l'on suppose que l'extrême limite de la végétation au-dessus du niveau de la mer soit cette dernière élévation et son extrême limite au-dessous à 730 mètres, que la limite de la vie animale dans l'Océan s'étende jusqu'à 4560 mètres de profondeur, et qu'elle s'élève à 6080 mètres au-dessus de son niveau, la hauteur totale de la verticale le long de laquelle s'étendront les végétaux sera de 6230 mètres, et celle que parcourront les animaux de 10,640 mètres.

Au diagramme de M. Wallich nous substituerons le suivant, qui nous semble mieux représenter les faits, tout en laissant d'ailleurs à l'auteur la responsabilité des chiffres, qui ne peuvent être que très-grossièrement approximatifs.

Les rapports de ces divers éléments entre eux seront les suivants :

L'étendue totale de la verticale occupée comparativement par les végétaux et par les animaux au-dessus et au-dessous du niveau de la mer est presque.	:: 5	:	7
Celle occupée comparativement par les animaux terrestres et marins.	:: 4	:	3
Celle occupée par les végétaux terrestres et marins. . . .	:: 15	:	2

Celle occupée par les plantes et les animaux terrestres. . . :: 9 : 10
Celle occupée par les plantes marines et les animaux marins. :: 1 : 6

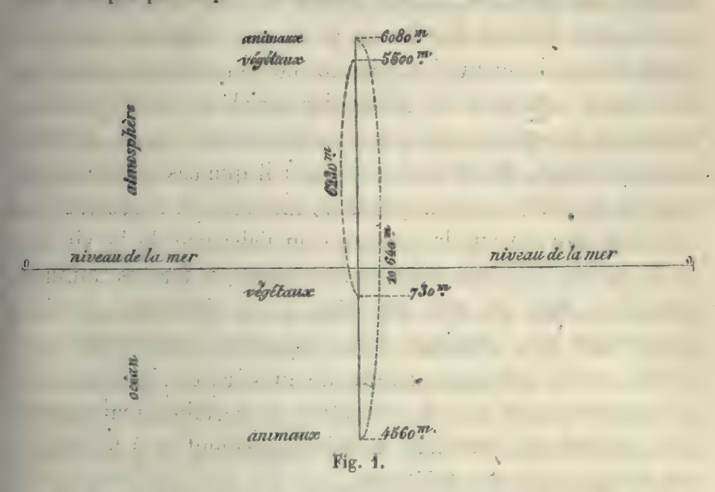


Fig. 1.

(P. 108.) L'auteur répète, contrairement à ce que nous avons déjà dit, que la température est la cause qui agit le plus directement sur la distribution de la vie animale terrestre, et qu'elle exerce une égale influence sur la vie marine; cependant, lorsqu'on se rend compte de ses divers effets sur la distribution comparée des animaux et des plantes, on les trouve très-différents. Ainsi les organismes animaux sont connus exister aujourd'hui dans la mer au moins jusqu'à 4500 mètres de profondeur, et aucun végétal ne paraît vivre au delà de 730 mètres (1). Quoiqu'il soit prématuré d'affirmer que cette limite ne sera pas dépassée par de nouvelles recherches, il n'est pas probable qu'elle s'étende beaucoup au delà, parce qu'elle est très-voisine de celle qu'atteint la lumière elle-même.

Quant aux deux autres conditions, la distance au-dessus et au-dessous du niveau de la mer, leur influence relative serait faible. Cependant il y a des actions assez prononcées qui ne

(1) L'auteur range sans doute dans le règne animal les diatomacées, les desmidiées et autres organismes inférieurs, que nous classons parmi les végétaux. Voy. *posteà*, chap. VI.

sont pas dues à la température, puisque celle-ci, étant la même à différentes périodes, n'a pas produit les mêmes effets sur des organismes déterminés. On ne peut pas attribuer non plus ces derniers à la quantité de pression ou de raréfaction ; car sous les mêmes conditions, à ce dernier égard, les mêmes phénomènes ne se reproduisent pas nécessairement. Aussi, relativement à l'Océan, M. Wallich suppose-t-il que ces effets peuvent être en rapport avec la quantité de lumière qui exercerait une action prononcée sur la présence ou l'absence de la vie près de la surface de l'eau comme sur certaines formes animales dans l'air. Mais ici, avec des effets aussi différents que dans le premier cas, plusieurs faits importants montreront que, tandis qu'une certaine quantité de lumière est indispensable à l'accroissement et à la coloration de certaines plantes, elle n'est nullement essentielle au développement ou à la couleur des formes animales de l'Océan.

Pressions de la mer et ses effets.

Pour se rendre compte des pressions qui règnent dans les grandes profondeurs, continue M. Wallich, il faut se rappeler qu'à un mille (1609 mètres) au-dessous du niveau de la mer, la pression est de 160 atmosphères par pouce carré; à 7280 mètres ou quatre milles et demi, elle serait de 750 atmosphères; et l'eau, l'un des corps les moins compressibles, à 20 milles de profondeur, perdrait 1/20 de son volume. Ces données de la physique ont longtemps fait croire que la vie était impossible à de grandes profondeurs; mais la principale cause d'erreur provenait de ce que l'on introduisait dans la question des circonstances étrangères, ou que l'on comparait des faits qui n'étaient point comparables, tels que la vessie natatoire des poissons, l'endurcissement de pièces de bois qui, ramenées de profondeurs de 1800 mètres, avaient acquis la compacité et la dureté de la pierre, la pression exercée sur les grands cétacés, sur des bouteilles hermétiquement bouchées, etc.

En s'occupant des conditions de la vie sous des pressions de plusieurs centaines d'atmosphères, l'auteur montre que des changements à cet égard sont possibles sur une très-grande

échelle, pourvu qu'ils ne soient pas brusques. Les organismes les plus simples sont d'ailleurs les mieux adaptés à supporter ces changements. Sous ce rapport, l'homme est un des êtres les moins bien partagés de la nature, puisque la diminution de pression d'une demi-atmosphère, en s'élevant dans l'air, ou l'augmentation de 2 ou 3 sous la cloche à plongeur, est tout ce qu'il peut supporter. Mais aussi les parties solides, fluides et gazeuses qui entrent dans son organisme sont en équilibre sous la pression normale et chacun de ces éléments étant susceptible de divers degrés de dilatation et de contraction, la complication même de son organisation est ce qui fait que cet état d'équilibre est plus facilement troublé à mesure que les conditions extérieures s'éloignent de l'état normal.

Dans le cas des animaux respirant par des branchies, il n'y a point de gaz, le fluide circulant étant de même ou presque de même pesanteur spécifique que le liquide environnant, et chaque partie de l'organisme étant complétement accessible à ce fluide soit par sa porosité, soit par une action d'endosmose. L'état d'équilibre est ainsi naturellement maintenu, et l'on conçoit que si le changement de pression n'est pas trop brusque, si les liquides intérieurs peuvent graduellement se mettre en rapport avec la pression du liquide ambiant, il n'en résultera aucun trouble. Or ceci s'applique aussi bien aux animaux qui descendent à de grandes profondeurs qu'à ceux qui, habitant ces dernières, seraient entraînés vers la surface. C'est ainsi que des Ophiocomes, ramenés de 2293 mètres, vécurent encore pendant près d'une heure, après avoir été retirés de l'eau et après avoir éprouvé, durant le temps qu'on remontait la ligne, une pression qui a varié du poids d'une tonne et demie par pouce carré à celui de 15 livres seulement.

État et proportions du gaz dans les mers.

Nous avons insisté sur l'équilibre entretenu, dans la composition de l'atmosphère, par la respiration des animaux et des plantes ; dans l'Océan, les conditions sont modifiées sans être absolument changées. On connaît encore imparfaitement la manière dont l'air se dissout dans l'eau de mer. Il est probable que le phénomène se produit à l'aide du mouvement pro-

duit à la surface par les vents et les courants. Mais, comme ces actions ne s'étendent que jusqu'à une faible profondeur, la présence de l'air, pour alimenter les êtres qui vivent à de très-grandes profondeurs, doit être attribuée à une tout autre cause.

Les fluides absorbent constamment les gaz sous toutes les pressions, mais cette propriété s'accroît elle-même avec l'augmentation de pression, de sorte que dans les couches profondes de la mer il doit y avoir plus de matières gazeuses tenues en dissolution ; aussi l'auteur explique-t-il comment il conçoit que l'absorption des gaz de l'atmosphère par l'eau, dans toute sa masse, se produise en raison de la pression que chaque couche supporte, et comment ces gaz, malgré leur densité plus faible que celle du liquide, ne doivent pas remonter vers la surface pour s'échapper.

(P. 118.) D'après Vogel, 10,000 parties d'eau de la Méditerranée et de l'Atlantique ont présenté 1,1 et 2,23 d'acide carbonique, quantité sans doute très-faible, mais jugée cependant suffisante, non-seulement pour retenir tout le carbonate de chaux contenu dans l'eau de mer, mais encore cinq fois autant. On a déjà vu que la quantité d'air atmosphérique contenue dans l'eau, et plus particulièrement la proportion du gaz acide carbonique, s'accroît avec la profondeur, et le tableau suivant des analyses données par M. Bischof complétera ce renseignement (1).

DATES ET LOCALITÉS.	PROFONDEURS EN MÈTRES.	GAZ DANS 100 VOL. D'EAU.	GAZ			SOMME DE L'OXYGÈNE ET DE L'AC CARB.
			OXYGÈNE.	ACIDE CARBONIQUE.	AZOTE.	
1836, mer du Sud. . .	0	2,09	0,13	0,22	1,74	0,35
	113	2,23	0,23	0,40	1,58	0,63
1837, baie du Bengale.	0	1,98	0,11	0,28	1,59	0,39
	324	3,04	0,10	1,77	1,17	0,87
1837, baie du Bengale.	0	1,91	0,12	0,25	1,54	0,37
	485	2,43	0,14	0,73	1,56	0,87
1837, océan Indien. .	0	1,85	0,18	0,23	1,44	0.41
	728	2,75	0,27	0,96	1,52	1,23
1837, océan Atlantique.	Manque.	»	»	»	»	»
	648	2,04	0,08	0,59	1,37	0,67

(1) *Chemical and physical geology*, trad. angl., vol. I, p. 114.

Ainsi sur cinq exemples, dont quatre sont complets, la quantité des gaz contenus dans l'eau s'accroît avec la profondeur, mais dans des proportions qui semblent encore n'avoir rien de régulier ni quant à la somme de ces gaz ni quant à chacun d'eux en particulier. Cependant la proportion d'acide carbonique croît plus constamment que celle des deux autres, tandis que l'azote décroît notablement dans deux cas, et s'accroît un peu dans les deux autres.

Rappelant les analyses données par Biot, et rapportées par de la Bèche, du gaz contenu dans la vessie natatoire des poissons, M. Wallich fait remarquer avec raison qu'on n'en peut rien conclure pour la composition de l'air contenu dans l'eau, puisqu'il a passé dans le courant de la circulation où les proportions de ses composants ont dû être altérées. La quantité d'oxygène qu'on y trouve doit être plus grande dans les eaux plus profondes que près de la surface, étant plus essentiel à la vie que l'azote, étant en plus grande proportion que ce dernier, et s'approchant aussi plus que lui de la pesanteur spécifique du milieu ambiant, résultat qui se déduit encore des analyses faites à la suite du voyage de circumnavigation de la *Bonite*, et dans lesquelles on voit que la proportion de l'azote tend à diminuer avec la profondeur.

Les observations de l'auteur sur la liquéfaction des gaz par la pression n'apportent aucune preuve à ses vues théoriques, et il n'a pas non plus d'idées arrêtées sur l'origine des grandes masses calcaires attribuées à la précipitation du carbonate de chaux tenu en dissolution dans les eaux ou au résultat des fonctions vitales des animaux inférieurs. La présence des coquilles, des rhizopodes, en immense quantité, peut, dans certains cas, appuyer cette dernière manière de voir, mais il trouve que les calcaires altérés ne la confirment pas.

Substances salines des eaux de la mer.

La quantité (probablement en moyenne) des substances salines signalées par M. Bischof (1) dans les eaux de l'océan Pacifique, de l'Atlantique et de la mer d'Allemagne, et déduites

(1) *Chemical and physical geology*, vol. I, p. 379.

des analyses de Bibra, étant de 3,527 0/0, on y a reconnu les proportions relatives suivantes :

Chlorure de sodium.	75,786
Id. de magnésium.	9,159
Id. de calcium.	3,657
Bromure de sodium.	1,184
Sulfate de chaux.	4,617
Id. de magnésie.	5,597
	100,000

D'où il résulte que le carbonate de chaux et la silice, substances qui entrent pour une si grande proportion dans la composition des coquilles et des parties solides des autres invertébrés marins manqueraient ici, ce qui est d'autant plus remarquable, dit M. Wallich, que les phénomènes géologiques dus à la présence de ces substances dans l'eau de mer peuvent être regardés comme les plus importants que l'on ait à considérer. En effet, bien que le carbonate de chaux et la silice semblent être dans des proportions très-faibles relativement à la masse des eaux, ils sont aussi essentiels à l'existence des divers organismes marins que le gaz acide carbonique, qui est encore en moindre quantité dans l'atmosphère, est indispensable aux plantes terrestres. La structure solide des premières est due au carbonate de chaux comme celle des secondes au carbone. Dans les deux cas cependant le besoin et l'emploi de la matière sont équilibrées avec une telle rigueur que, si l'un ou l'autre venait à manquer, il en résulterait une perturbation profonde dans les conditions actuelles de la vie du globe.

Mais, comme le fait remarquer M. Bischof, la grande quantité de carbonate de chaux apportée par les rivières, de même que la formation continue des coquilles et des autres tests d'animaux marins, est la preuve la plus évidente de la présence de ce carbonate dans l'eau de mer, et, d'un autre côté, l'acide carbonique qui s'y trouve également doit constamment dissoudre ce même carbonate lorsqu'il y en a au fond, tandis que si l'eau est très-loin de son point de saturation par ce

carbonate, cela vient de la séparation incessante opérée par les animaux testacés. Plusieurs analyses ont d'ailleurs constaté la présence du carbonate de chaux dans l'eau de mer, particulièrement dans le voisinage des côtes, de même que les analyses d'eaux, prises sous diverses latitudes et dans des mers différentes, ont fait voir des proportions variables dans les sels contenus.

(P. 124.) Il est digne de remarque que les dépôts calcaires qui se forment aujourd'hui dans une partie considérable de l'Atlantique, et probablement dans tous les grands fonds de mers, se trouvent généralement très-loin des côtes et toujours dans des eaux profondes, tandis que les polypiers des récifs, qui tirent leur matière calcaire de la même source, se forment à de faibles profondeurs, quoique, par l'abaissement du fond, leur base repose à des profondeurs considérables et que les récifs eux-mêmes se trouvent alors isolés au milieu de l'Océan. On ne connaît guère de l'accroissement des polypiers que sa marche graduelle, sujet que nous traiterons ci-après, et, quant à celui des foraminifères, rien n'a encore été déterminé.

M. Wallich s'occupe beaucoup de l'arrivée, de la distribution et de l'emploi de l'acide carbonique dans les mers, et nulle part, dit-il, on ne trouve un dépôt récent résultant de la sursaturation de l'eau par le carbonate de chaux. D'un autre côté, il y a de nombreuses preuves de dépôts calcaires formés mécaniquement, quelquefois redissous par l'eau qui tient l'acide carbonique en dissolution, de manière que la quantité de petites parties de calcaire amorphe, que l'on rencontre presque constamment, doit être attribuée à des fragments de coquilles désagrégés et laissés après la nouvelle séparation du carbonate de chaux.

Substances diverses dans l'eau des mers.

La silice a été reconnue dans toutes les eaux de mer analysées par M. Forchhammer (1), et la plus grande quantité était de 0,5 dans 10,000 parties d'eau pure. Cette substance est insoluble dans l'eau, mais elle lui en abandonne quand celle-ci

(1) Bischof, *loc. cit.*, vol. I, p. 109.

contient de l'acide carbonique. Les circonstances favorables à la présence du carbonate de chaux dans l'Océan le sont aussi à celle de la silice. Elle est de même entraînée constamment à la mer par les rivières ; elle fournit la matière de la partie solide des éponges, des polycistinées, des genres voisins d'infusoires et des espèces marines de diatomacées.

Quoique ces corps siliceux soient beaucoup plus petits que les rhizopodes calcaires ou foraminifères, ils ne laissent pas de former, par leur accumulation, une portion considérable de certains dépôts océaniques. Suivant M. Wallich, les diatomacées ne vivraient pas au delà de 728 à 900 mètres, et ceux que l'on trouve à de plus grandes profondeurs y ont été entraînés.

De ses diverses observations sur les polycistinées, les diatomacées et les foraminifères, il déduit que le carbonate de chaux et la silice existent toujours dans l'eau de mer, que la quantité d'acide carbonique s'accroît avec la profondeur, que le pouvoir dissolvant de l'eau, relativement à ces deux substances, est dû à la présence de l'acide carbonique. Il pense aussi que sur le lit des mers profondes, là, où à la surface le carbonate de chaux est en si petite quantité qu'il est inappréciable par les réactifs chimiques, de grands dépôts calcaires se forment néanmoins d'une manière continue, enfin que si l'accroissement des animaux testacés est en relation directe avec la quantité de matières qui constituent leurs parties solides (les parties molles du sarcode étant composées de *protéine* ou d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et de carbone), on est forcément conduit à admettre que la pression, loin de restreindre le développement de la vie animale aux zones supérieures des mers, peut être regardée comme une des conditions les plus essentielles à son existence dans les grandes profondeurs.

Quant à l'iode, au fluor et à l'acide phosphorique, le premier existe dans les plantes, le second dans l'eau elle-même, le troisième dans les corps organisés ainsi que dans l'eau.

Le caractère général du lit des mers profondes est d'être moins accidenté que celui des eaux qui le sont peu, mais la

couche molle que l'on a cru recouvrir toute sa surface est loin d'être constante. C'est aussi une erreur de penser que les chaînes de montagnes, des précipices abruptes et des crêtes rocheuses dentelées n'existent pas même où les dérangements volcaniques sont inconnus.

Tous les grands dépôts calcaires ont des caractères locaux, et cette circonstance ne peut être attribuée au manque de matière calcaire, mais, sans doute, à l'absence des organismes qui opèrent sa séparation de ses combinaisons.

(P. 129.) Quoique la lumière exerce à peine un effet sensible sur l'extension géographique des espèces marines, elle constitue un élément important de la répartition bathymétrique dans les zones voisines de la surface. Certaines formes vivent sous le plus vif éclat du jour, d'autres l'évitent; les unes sont indifférentes à ses divers degrés d'intensité, les autres sont sensibles à sa plus légère impression. Ces effets, quels qu'ils soient, sont constants chez tous les individus de la même espèce. Action de la lumière.

Bien qu'on n'ait jamais prouvé directement que la lumière fût essentielle à la vie animale, cette opinion a été appuyée par ces deux motifs : qu'elle est indispensable à la végétation et que la vie animale dépend, dans sa première manifestation, de la vie végétale. Mais cette dernière raison ne s'applique pas nécessairement aux organismes marins les plus inférieurs. La lumière cesse même à une profondeur où vivent encore des espèces littorales d'un ordre très-élevé. Ainsi on suppose qu'à 225 mètres commence une obscurité complète; cependant beaucoup d'animaux particuliers à la zone profonde des coraux et surtout certains poissons descendent à des profondeurs de trois à cinq fois plus grandes, c'est-à-dire à 650 mètres au delà des plus faibles rayons de lumière.

Les plantes, telles que nous les connaissons, ne peuvent vivre en l'absence de la lumière, et les corps organisés que l'on a retirés d'une profondeur plus grande que 900 mètres ont présenté une structure moléculaire différente de celle des plantes vivant plus près de la surface. Par le manque de lumière il se produit, dit M. Wallich (p. 130), un phénomène

inverse de celui qui fixe le carbone dans la plante et laisse dégager l'oxygène de l'acide carbonique.

Conditions de la vie dans les grandes profondeurs.

Les protophytes appartenant aux eaux les plus profondes sont donc soumis à une loi particulière, et l'on peut se demander qui est-ce qui joue le rôle des plantes pour purifier l'eau des éléments délétères qu'y répandent les animaux, si la végétation et la lumière cessent à la même limite, puis sous quelles autres conditions que des circonstances exceptionnelles la vie animale peut-elle être maintenue sans la vie végétale, pour se prolonger ainsi jusqu'aux plus grandes profondeurs.

La réponse à la première question est facile : les eaux de l'Océan s'emparent de l'acide carbonique exhalé par les animaux, et la quantité de carbonate de chaux qu'il y rencontre suffit pour en convertir, en un composé sans action nuisible, une assez grande quantité pour que le reste soit aussi peu nuisible que le gaz acide carbonique répandu constamment dans l'atmosphère. D'un autre côté, l'oxygène nécessaire est principalement tiré de l'air atmosphérique absorbé par l'eau, car la portion qui en est rejetée par les plantes marines est sans importance eu égard à la masse de l'Océan.

Pour la seconde question, l'auteur est obligé d'avoir recours à un moyen de nutrition à l'égard duquel il n'existe pas de précédent connu. Dans le plus grand nombre des protozoaires marins, tels que les foraminifères, les polycistinées, les acanthométrées, les thalassicollidées et les spongidées, on peut supposer que ce procédé, au lieu d'être celui par lequel la nutrition est effectuée dans les êtres plus élevés par les fonctions complexes des organes spéciaux, le serait par les organismes les plus simples que nous connaissons, et en l'absence de toute disposition ressemblant à une structure particulièrement adaptée à ce but. M. Wallich remet à développer ce sujet dans ses études particulières sur les organismes inférieurs, et se borne à établir ici qu'il n'invoque aucune loi exceptionnelle, mais que, au contraire, la preuve que ces organismes sont doués du pouvoir de convertir les éléments inorganiques pour leur propre nutrition repose sur la faculté incon-

testable qu'ils possèdent de séparer le carbonate de chaux ou la silice des eaux qui les tiennent en dissolution. En d'autres termes, si l'on peut démontrer que ces organismes effectuent la séparation d'éléments inorganiques pour construire leurs coquilles, on est autorisé à croire qu'ils peuvent faire servir à la nutrition même de leurs parties molles les éléments impropres à cette destination, surtout si l'on considère que les éléments qui restent sont précisément ceux qui, lorsqu'ils sont combinés, constituent la *protéine* de ces mêmes parties molles.

On doit faire remarquer cependant que si le principe que nous avons rappelé plus haut est absolu, si les animaux ne peuvent se nourrir que de matières organiques, le raisonnement, fort ingénieux d'ailleurs, de M. Wallich est sans fondement, ou bien, contrairement à ce qu'il dit, il invoque en réalité pour la nutrition des animaux une loi entièrement nouvelle dans les procédés de la nature. Ici d'ailleurs la difficulté n'existerait que pour ceux de ces organismes qui sont réellement doués de la vie animale ; pour les autres elle consisterait dans l'absence de lumière.

(P. 132.) Si l'on essaye, continue l'auteur, d'examiner, sans idées préconçues, les phénomènes physiologiques sous les formes les plus simples de chaque règne, dans une cellule de *Collosphæra* et dans une cellule de *Navicula*, on trouve que leur limite est empirique et que la distinction entre les deux règnes n'existe pas dans les êtres les plus inférieurs de l'un et de l'autre. On reconnaît aussi, dans la mise en liberté d'une partie de l'oxygène et du carbone de l'acide carbonique, de l'hydrogène de l'eau et de l'azote de l'air, un acte vital regardé jusqu'à présent comme exclusivement propre aux végétaux ; de sorte que le même procédé produit la substance de la coquille et la nourriture, et le dernier anneau de la série (on pourrait, avec plus de raison, dire le premier) proviendrait, non du règne végétal, comme on l'a cru jusqu'à présent, mais bien du règne minéral. « D'un autre côté, ajoute avec « conviction M. Wallich, si l'on nie ce résultat ou cette expli-

« cation du fait, il ne reste plus qu'à supposer que les êtres « créés les plus inférieurs, qui ont le moins de besoins, ont ici « des organes spéciaux pour remplir des fonctions spéciales, « et que les plus humbles rhizopodes, les plus modestes po- « lycistinées peuvent digérer, sécréter, rejeter et penser par- « dessus le marché, car pour toutes choses on peut alléguer « le contraire. »

L'auteur, marchant ensuite sur les traces de M. Darwin, trouve que les animaux qui présentent des rudiments des organes de la vision ont dû vivre d'abord dans des milieux plus éclairés que ceux où on les trouve actuellement, et que ces organes se sont modifiés en s'accommodant aux nouvelles conditions environnantes. Les Ophiocomes des plus grandes profondeurs de l'Atlantique du Nord sont ainsi semblables à l'*O. granulata* des eaux peu profondes, sans présenter cependant la marque ou tache oculaire des Astéries et des Solastéries. En outre, des crustacés, revêtus de vives couleurs, ont été ramenés de 2550 mètres, par M. Torell (1). L'espèce n'a point été déterminée; on peut seulement présumer qu'elle est pourvue d'yeux.

On pensait aussi que l'absence des couleurs vives sur les animaux résultait de la diminution de la lumière, mais M. Wallich, qui semble avoir le privilége d'observer beaucoup mieux que ses devanciers, a des motifs pour croire que, bien que l'intensité de la lumière puisse, réellement, produire la vivacité des teintes, son absence n'entraîne pas leur disparition ni même leur atténuation. Les Astéries ramenées de 2300 mètres présentaient, en effet, d'aussi brillantes couleurs que si elles avaient vécu dans les eaux peu profondes des zones tempérées, tandis que des individus des mêmes espèces, dragués de 182 à 364 mètres dans les fiords du Groenland occidental, offraient des teintes sombres.

(P. 134.) De ces faits et d'autres qu'il rapporte, l'auteur se

(1) *The Athenæum*, 7 déc. 1861. — Le rapport officiel de cette expédition scientifique suédoise au Spitzberg ne semble pas avoir encore été publié.

confirme dans l'idée que les êtres organisés, trouvés à de grandes profondeurs, proviennent d'espèces qui ont d'abord habité des eaux peu profondes. La couleur est alors un caractère héréditaire, et une espèce moins colorée originairement ne peut pas prendre de teintes plus vives si elle est exposée à une lumière plus éclatante, et réciproquement. Cependant il convient que chez des animaux transportés des tropiques sous les zones tempérées les couleurs s'affaiblissent.

Objections diverses.

On voit dans ce qui précède plusieurs contradictions de la part de M. Wallich. Si, par exemple, des animaux provenant de très-grandes profondeurs ont des teintes aussi vives que ceux des zones élevées, on n'a plus de raison pour croire à l'influence de la lumière; et si des animaux des zones chaudes, vivement colorés, perdent une partie de leurs couleurs dans les zones tempérées, on peut, au contraire, admettre cette influence. D'un autre côté, les couleurs des animaux passant des zones supérieures dans les inférieures auraient été conservées dans cette dernière station par voie d'hérédité, sans éprouver de changement à la suite de ce déplacement, tandis que d'autres, les Ophiocomes, pourvus d'yeux dans les stations supérieures originaires, se seraient vus privés de ces organes en descendant dans les profondeurs où ils leur seraient devenus inutiles. Nous pensons que ces incohérences doivent être attribuées à la précipitation que l'auteur semble avoir mise à rédiger un travail où les répétitions et le manque de liaison dans les divers sujets sont si fréquents.

Il est vrai que dans le cas des changements de couleurs, M. Wallich ne les attribue pas au plus ou moins de lumière, mais à la diminution des fonctions vitales modifiées pour favoriser le changement des conditions normales en des conditions anormales. C'est, comme on le voit, substituer une hypothèse particulière à une autre généralement admise. D'après d'autres exemples de changements de couleurs, et surtout en sens inverse, c'est-à-dire des zones tempérées aux zones chaudes, ou des zones froides aux zones tempérées, il est porté à croire que les teintes des plumes des oiseaux, des ailes des papillons et

de l'enveloppe solide des échinodermes sont aussi purement héréditaires que leurs divers organes, et que, dans des variétés produites artificiellement, on doit regarder les conditions de lumière comme de valeur égale aux autres conditions secondaires qui produisent leur effet dans le jeu des fonctions vitales.

Persistance des corps dans les profondeurs où ils ont vécu.

Il s'attache à démontrer ensuite que les Astéries et les autres animaux ramenés de plus grandes profondeurs ont été pris vivants dans leur *habitat* naturel; il fait voir aussi pourquoi les restes d'animaux morts à ces mêmes profondeurs y demeurent, et pourquoi la faune sous-marine est dans tous les cas aussi invariablement fixée au fond des mers que la faune terrestre l'est à la surface du sol. Les tissus, après la mort, sont remplis d'un fluide qui fait équilibre au liquide environnant; il y a décomposition, mais non putréfaction, et les éléments peuvent entrer dans de nouvelles combinaisons. Aucune substance gazeuse n'étant retenue sous cette forme dans les cellules ou cavités plus grandes des organes privés de la vie, et le résultat nécessaire de l'action d'endosmose étant de mettre dans un équilibre absolu avec le milieu environnant chaque partie de la structure, aucune diminution de pesanteur spécifique ne peut la faire remonter.

Distribution de quelques organismes en profondeur.

(P. 137.) Les rhizopodes sont plus ou moins abondants dans toutes les mers, mais le genre *Globigerina* peut être regardé comme essentiellement océanique, car on le trouve à toutes les latitudes et à toutes les profondeurs, de 90 à 5460 mètres. Son maximum de développement est dans les plus grandes profondeurs; là il s'étend, comme le sable des côtes, sur des centaines de milles carrés, constituant probablement de puissantes couches. Il paraît y avoir une relation intime entre les dépôts de *Globigerina* et la présence du Gulf-stream. Ainsi, entre les îles Féroë et l'Islande, entre celle-ci et l'est du Groenland, et dans une grande portion de la ligne directe, entre le cap Farewell et Rockall, les Globigérines abondent dans les sédiments, tandis qu'entre le Groenland et le Labrador ces rhizopodes manquent ou sont peu répandus.

Les dépôts de cette nature ne sont donc point dus au transport par les courants, car ils seraient mélangés de toutes sortes d'espèces provenant des lignes de côtes ou d'autres parties du lit de la mer.

Dans l'hémisphère Sud, M. Wallich a reconnu des dépôts de rhizopodes sur le banc d'Agulhas, au sud du cap de Bonne-Espérance, à 180 mètres de profondeur. Les Globigérines constituent 75 pour 100 de la masse du dépôt, qui occupe une surface marquée par une ligne dépendant sans doute du courant qui contourne le Cap en venant de l'est. Il ne diffère de ceux du nord de l'Atlantique qu'en ce que les coquilles sont de formes plus délicates, peut-être parce qu'elles habitent de moindres profondeurs.

Le fait auquel l'auteur attache le plus d'importance, à ce qu'il semble, est la découverte d'animaux plus élevés de la série, ramenés de 2293 mètres, à environ demi-distance du cap Farewell et de la côte nord-ouest de l'Islande, ou à 500 milles de la côte du Groenland, 250 de celles de l'Islande, et 400 du banc de Rockall, par 59° 27′ latitude N., et 26° 41′ longitude O. (voy. pl. 1). En examinant la cavité viscérale d'un de ces radiaires ou Ophiocomes, il y a reconnu une grande quantité de *Globigerina* plus ou moins brisées, de fragments amorphes, quelques globules jaune clair d'apparence huileuse, plusieurs œufs, de très-petits tubes d'annélides formés de Globigérines agglomérées, d'autres composés de divers éléments. A la profondeur de 1585 mètres, le dépôt était formé, presque à parties égales, de matières calcaires, siliceuses, entrant aussi dans la composition des tubes d'annélides.

L'*Ophiocoma granulata*, provenant de ces grandes profondeurs, s'observe sur les côtes d'Angleterre, de 18 à 91 mètres au-dessous de la surface, de même sur celles de la Scandinavie, puis à 364 sur celles du Groenland, et enfin à 2293, comme on vient de le dire, sans qu'elle présente de modifications sensibles. La *Serpula vitrea*, le *Spirorbis nautiloides* et les Ophiocomes ou Astéries vivent depuis le cercle polaire jusqu'aux côtes d'Angleterre.

Abaissement supposé de l'Atlantique du nord.

Maintenant ces animaux appartiennent-ils à un centre de création situé à cette dernière profondeur, ou bien sont-ce des colonies isolées aujourd'hui, dont les espèces seraient originaires d'ailleurs? Telle est la question que s'adresse M. Wallich, et à laquelle il répond en adoptant les idées émises par Ed. Forbes (1) sur les grands changements qui ont affecté la distribution des terres et des mers dans les dernières périodes géologiques. Une portion considérable du lit de la mer, au sud de l'Islande, aurait éprouvé un abaissement très-prononcé, prouvé par la disposition même des terres, la profondeur des eaux et les anciennes cartes qui s'appuient sur des traditions.

En sorte, dit-il (p. 151), qu'aucune démonstration d'un abaissement ne peut être plus complète, aucune preuve de la vérité du principe de centres particuliers spécifiques n'est plus évidente que la découverte, dans de telles circonstances, d'une colonie d'Astéries acclimatées, appartenant à une espèce type de la province boréale, s'étendant du cercle polaire arctique aux îles Britanniques sans éprouver de variations dans ses caractères jusqu'à 364 mètres. L'abaissement général est encore rendu probable par la découverte d'annélides fixées, dont les espèces bien connues pour appartenir à des eaux peu profondes ont été ramenées de 1238 mètres, à demi-distance entre l'Islande et les îles Féroë.

M. Wallich fait remarquer, en terminant cette partie de son travail, qu'il n'a point rencontré d'algues au-dessous de 364 mètres, et que les seules structures végétales ramenées des mers profondes appartiennent aux organismes les plus inférieurs que nous connaissions, aux diatomacées. Comme on l'a déjà dit, cependant, l'aspect que présentent les frustules de ces corps, obtenus au delà de 900 mètres, indiquent, suivant l'auteur, une constitution moléculaire de la matière protoplasmique différant tellement de celle qu'on observe dans les organismes semblables vivant dans des eaux peu profondes, qu'on ne peut pas douter que la vie végétale ne cesse à une

(1) *Memoirs of the geological Survey of Great Britain*, vol. I, p. 398.

limite beaucoup plus rapprochée de la surface que la vie animale (p. 154).

Enfin, il résume ses études relatives aux limites bathymétriques de la vie dans l'Océan de la manière suivante :

1° Les conditions qui règnent aux grandes profondeurs, quoique différant matériellement de celles qui existent près de la surface, ne sont pas incompatibles avec la persistance de la vie animale. Conclusions.

2° En supposant que la théorie des centres spécifiques particuliers soit vraie, la présence des mêmes espèces dans des eaux peu profondes, et à de grandes profondeurs, prouve qu'elles peuvent avoir été transportées dans diverses situations sans en avoir éprouvé de changements.

3° Il n'y a rien, dans les conditions qui existent aux grandes profondeurs, pour empêcher que des êtres organisés primitivement pour y vivre ou qui y auraient été acclimatés, ne puissent vivre également dans des eaux peu profondes, pourvu que le passage soit suffisamment gradué ; de sorte qu'il est possible que des espèces qui habitent actuellement à de faibles distances au-dessous de la surface aient vécu auparavant dans les mers profondes.

4° D'un autre côté, les conditions de la surface de l'Océan ne permettent pas qu'après leur mort les êtres organisés descendent au fond quand la profondeur est très-grande, si chaque partie du corps est librement pénétrée ou accessible au fluide environnant ; et réciproquement, les conditions qui règnent dans les grandes profondeurs ne permettent pas non plus aux organismes, constitués pour y vivre, de s'élever à la surface lorsqu'ils sont morts.

5° La découverte même d'une seule espèce vivant normalement à de grandes profondeurs prouve suffisamment que ces régions ont leur faune spéciale, et qu'elles l'ont toujours eue dans les temps passés, d'où il résulte que beaucoup de couches fossilifères, regardées jusqu'à présent comme ayant été déposées dans des eaux comparativement peu profondes, peuvent cependant l'avoir été à une grande distance de la surface.

Observations diverses.

D'après un travail de M. W. King (1) sur les échantillons des différents fonds de mer explorés par un bâtiment de l'État chargé d'opérer des sondages pour la pose du câble électrique, on n'a pas obtenu de spécimen au delà d'une profondeur de 532 mètres. Entre ce point et 182 mètres, on a partout rencontré à profusion des rhizopodes et autres êtres organisés microscopiques occupant cette vaste plaine située entre l'Islande et Terre-Neuve. Tous les sondages ont apporté des coquilles remplies ou couvertes de foraminifères. Les sédiments recueillis sur la côte d'Irlande, entre 466 et 532 mètres, ressemblent, dit l'auteur, à une laitance de poisson, ce qui s'explique par les myriades de *Globigerina* et de *Globulina* qu'ils contiennent.

On a trouvé en outre, à 108 mètres, des *Pecten*, des Arches et des Pectoncles inconnus dans ces parages. Une Orbicule a été ramenée de 376 mètres, sur le versant oriental de la grande vallée qui atteint jusqu'à 3 milles de profondeur, et qui court des îles du cap Vert jusqu'à Kerry et au delà, où se relève le plateau télégraphique. Les pentes très-rapides de ce plateau sont également couvertes d'organismes microscopiques, et il en est sans doute de même de sa surface.

Laplace pensait que les plus grandes profondeurs des mers ne devaient guère dépasser les montagnes les plus élevées, et jusque dans ces derniers temps ces vues ne semblent pas avoir été infirmées, les profondeurs au delà de 8000 à 9000 mètres étant encore fort incertaines. Suivant M. Airy, on pourrait déterminer les profondeurs des mers par la hauteur, la largeur et la vitesse des vagues. C'est ainsi que, d'après la hauteur comparée atteinte par les vagues sur la côte du Japon et celle de la Californie, le 23 décembre 1854, à $9^h 45'$, on a pu conclure, la pression augmentant d'un peu plus d'une atmosphère par 10 mètres d'eau, que la profondeur moyenne de l'océan Pacifique entre ces deux points était de 3930 mètres ou près de 4000 mètres, comme on l'a dit ci-dessus. Celle de la Médi-

(1) Le *Moniteur universel*, 10 janvier 1863.

terranée ne dépasse guère 3500 mètres, celle de l'Atlantique est comprise entre 2000 et 6000 mètres.

M. Maury attribue aux organismes les plus inférieurs la fonction de distiller l'eau de mer, d'en extraire l'excédant des sels qu'apportent les fleuves et les rivières, et de maintenir ainsi l'équilibre dans le degré de salure des mers.

Dans l'automne de 1860, M. M'Clintock recueillit, entre le Groenland et l'Islande, à 2300 mètres, une Astérie vivante, revêtue de couleurs éclatantes, et dont la cavité intestinale renfermait des *Globigerina*. Des mollusques et des crustacés auraient été ramenés vivants de profondeurs aussi considérables dans la baie de Baffin. Dans la Méditerranée, l'enveloppe en gutta-percha d'un câble électrique placé sur le fond, à 109 et 127 mètres, a été perforée par le *Xylophaga dorsalis*, espèce que, dans la rade de Brest, on trouve dans les traverses des ancres perdues (1).

Remarque générale.

On voit donc, comme nous le disions en commençant cette section, que ces recherches très-récentes, dues à quelques observateurs, et le plus grand nombre d'entre elles à un seul, demandent à être contrôlées et étendues à d'autres mers d'une manière suivie. Ce ne sera que lorsqu'on possédera de très-nombreux matériaux, recueillis avec toutes les précautions possibles, que l'on pourra hasarder quelques généralités, et essayer de s'élever à une loi de distribution des êtres organisés dans les mers. Jusque-là nous devons nous borner à enregistrer les faits avec réserve quant aux conclusions à en tirer. C'est ainsi que des expériences toutes récentes ont montré que des poissons et des crustacés ne pouvaient supporter sans périr une pression égale à celle qu'exerce l'eau de la mer à la profondeur de 3620 mètres (2).

(1) *Revue des Deux Mondes*, vol. XLIII, p. 704, 1843. — *Deep Sea Soundings in the North Atlantic ocean*, par le lieut. J. Dayman.

(2) Expériences faites à l'entrepôt de Wharf-road, à Londres. (Voy. *Les Mondes*, vol. II, août 1863, p. 5.)

§ 7. Distribution des végétaux à la surface de la terre.

Quoique, à beaucoup d'égards, la botanique soit la plus avancée des sciences naturelles, sous le rapport de la distribution des végétaux à la surface de la terre, aucune loi bien générale ne semble avoir été aperçue; les exceptions à certains principes sont si nombreuses que ceux-ci disparaissent pour ne laisser que de faibles traces là où l'on croyait avoir saisi d'abord quelque résultat précis. L'abondance des matériaux accumulés, la diversité des points de vue, l'inégale connaissance que l'on a des flores dans des pays différents ne permettent en effet aucun de ces aperçus systématiques qui plaisent à l'esprit, à cause de leur simplicité et de leur clarté, mais que l'examen plus attentif et plus complet de la nature ne justifie pas toujours. Il suffit, pour s'en convaincre, de lire la *Géographie botanique raisonnée*, qu'a publiée M. Alph. de Candolle, en 1855, juste un demi-siècle après l'*Essai sur la géographie des plantes* d'Alex. de Humboldt (1).

Dans cet ouvrage, le plus complet que nous possédions sur ce sujet, écrit avec une connaissance parfaite de la matière, dans un excellent esprit d'analyse, on voit combien le savant auteur a de peine à formuler çà et là et avec beaucoup de

(1) *Essai sur la géographie des plantes*, accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales, fondé sur des mesures exécutées depuis le 10e degré lat. S. pendant les années 1799-1803, 1 vol. in-4°, avec carte, Paris, 1805-1807. — Éd. allemande, Tubingen, 1808. In-4°, Vienne, 1811. — *Sur les lois qu'on observe dans la distribution des formes végétales*, in-8°, Paris, 1816. — *Ann. de chim. et de phys.*, vol. I, p 225, 1816. — *De distributione geographica plantarum secundum cœli temperiem et altitudinem montium Prolegomena*, avec pl. *Lutetiæ Parisiorum* et *Lübeck*, 1817, 1 vol. in-8°, avec carte. — *Voy.* aussi : *Tableaux de la Nature*, vol. II.

réserve quelques généralités déduites de ses prodigieuses recherches. C'est qu'il semble en effet que plus on approfondit la nature, plus on envisage ses produits sous diverses formes, et plus les différences que l'on croyait d'abord si tranchées s'affaiblissent. Aussi ne pouvons-nous mieux faire que de renvoyer le lecteur à cet excellent travail, qu'il consultera avec fruit, et auquel nous emprunterons seulement quelques citations pour montrer à quoi se réduit théoriquement ce que l'on sait aujourd'hui à cet égard. Remarquons d'ailleurs que les considérations de M. Alph. de Candolle ne portent que sur les plantes phanérogames. Les cryptogames, malgré leur haute importance dans l'économie générale de la nature, puisque, pendant un laps de temps énorme, ils régnèrent presque seuls sur la terre, sont complétement omis, leur étude ne paraissant pas être assez avancée sous le rapport de leur distribution géographique pour conduire à des résultats de quelque valeur au point de vue où nous devons nous placer. Cette lacune ôte, on le conçoit, à ce livre une partie de l'intérêt qu'il pourrait avoir pour nous.

« La géographie botanique, dit le savant genèvois, doit « avoir pour but principal *de montrer ce qui, dans la distri-« bution actuelle des végétaux, peut s'expliquer par les con-« ditions actuelles des climats, et ce qui dépend des condi-« tions antérieures*. En lui assignant ce but élevé, elle concourt, « avec l'histoire des êtres organisés fossiles (paléontologie) et « avec la géologie proprement dite, à la recherche de l'un des « plus grands problèmes des sciences naturelles, que dis-je? « des sciences en général et de toute philosophie. Ce pro-« blème est celui de la succession des êtres organisés sur le « globe; il est assurément d'un ordre très-élevé (1). »

Ce n'est guère que dans le *Livre troisième* de l'ouvrage, où l'auteur traite des considérations sur les diverses contrées de la terre au point de vue de la végétation qui les recouvre, que le paléontologiste pourra recueillir des faits qui se rattachent

(1) *Géographie botanique raisonnée*, préface, p. XII, vol. I, 1855.

particulièrement à ses études, surtout à partir de la section 4 du chapitre XXII, où M. de Candolle s'occupe de la *comparaison des zones équatoriales, tempérées et polaires, sous le point de vue des familles dominantes* (1).

Ainsi, après avoir mentionné la famille des légumineuses comme dominant entre les tropiques, dans l'ancien comme dans le nouveau monde, où elle se trouve ordinairement, dans la proportion de 10 à 12 0/0, quelquefois 16 (Saint-Thomas des Antilles) et même 17 au Congo, par rapport aux autres phanérogames, puis les graminées, les composées, les orchidées, les cypéracées, les rubiacées, les mélastomacées, les euphorbiacées, les urticées, les scrophulariées et d'autres familles moins importantes, l'auteur remarque que, pour compléter ce sujet, il faut noter l'abondance des fougères, si frappante dans les régions chaudes et humides, surtout dans les îles. Ainsi, à Java, les espèces de cette famille sont égales, en nombre, à 0,16 du chiffre des phanérogames; dans les îles de la Société, le rapport est 0,20; à l'île Maurice, 0,26; aux îles Gallapagos, 0,12; dans l'île de l'Ascension, 0,08. Évidemment, dans ces îles, les fougères usurpent la place d'une des familles principales de phanérogames, et cela aussi bien par la grandeur des individus que par le nombre des espèces. Dans l'île de Juan Fernandez, dans la zone extra-tropicale australe, les fougères dépassent en nombre toutes les familles des phanérogames et les composées aussi, ce qui est très-digne de remarque, ajoute M. de Candolle, cette dernière famille étant une des plus récentes qui ont apparu sur la terre, et l'autre la plus ancienne, au moins dans l'hémisphère Nord. Aussi se demande-t-il si les composées n'auraient pas apparu d'abord dans l'hémisphère austral, ce que pourrait confirmer leur abondance au Cap, en Australie, dans l'Amérique du Sud et les îles humides d'Auckland et de Juan Fernandez.

De la comparaison des légumineuses, des composées et des graminées dans les régions boréales et australes, l'auteur con-

(1) *Géogr. botanique raisonnée,* vol. II, p. 1238.

clut plus loin (p. 1240) : 1° que les légumineuses craignent surtout l'absence de la chaleur; les composées, le froid et l'humidité; les graminées, la sécheresse; 2° que des causes antérieures à l'ordre de choses actuel ont amené, dans chaque grande division du globe et dans quelques localités (certaines îles), une augmentation ou une diminution des chiffres proportionnels des espèces de chaque famille dont le climat de notre époque ne rend pas compte.

(P. 1276.) Le nombre des espèces tend à augmenter lorsqu'on s'avance des pôles vers l'équateur, mais il faut faire la part des circonstances locales, telles que la sécheresse, qui, au Sinaï et en Égypte, rend la flore très-pauvre. Il en serait de même dans le Sahara, au Sénégal, et probablement en Perse, dans le Caboul, la Californie inférieure, etc. D'un autre côté, la présence des chaînes de montagnes (Algérie, Inde, Mexique) annule l'effet de la sécheresse naturelle du pays, et il en est de même dans l'hémisphère austral.

Comparaison des principales divisions du globe.

En comparant les grandes divisions du globe, M. de Candolle s'exprime ainsi : « Dans l'état actuel des connaissances, « il est impossible de comparer le nombre des espèces dans « l'Amérique septentrionale et dans une étendue égale de l'ancien monde, dans l'Amérique méridionale et en Afrique, etc.; « mais le sentiment général des botanistes descripteurs peut « fournir une sorte d'appréciation.

« L'Amérique paraît avoir plus d'espèces qu'une étendue « correspondante de l'ancien monde. Cela s'explique par la di- « rection générale des chaînes de montagnes du N. au S., « direction qui produit, sous chaque latitude, des conditions de « climat différentes. Évidemment, les Alpes, les Pyrénées, « l'Atlas, le Caucase, l'Himalaya, qui s'étendent de l'E. à l'O., « ne peuvent pas offrir l'immense diversité de conditions phy- « siques de la chaîne des Andes, qui passe du 58e degré de la- « titude N. au 54e degré de latitude S., en offrant, sous la « plupart de ces degrés, toutes les hauteurs possibles entre la « mer et les neiges perpétuelles. La chaîne des Alléghanies et les « chaînes côtières de la Guyane et du Brésil présentent un peu

« des mêmes avantages dans la partie orientale du continent « américain. On peut dire qu'en Amérique, sous chaque lati- « tude, se trouvent toutes les hauteurs, ce qui est bien loin « d'exister dans les autres parties du monde. A ce point de vue « très-général, il n'est pas surprenant que l'Amérique soit plus « riche en espèces différentes, pour une surface égale.

« L'Afrique est pauvre en espèces dans toute son étendue, « excepté à son extrémité méridionale. L'absence de hautes « montagnes couvertes de neiges en été, la sécheresse dans les « plaines du nord, l'uniformité de conditions physiques dans « la région équatoriale, expliquent le nombre assez faible des « espèces dans la plus grande partie de ce vaste continent. A « l'extrémité australe c'est autre chose. L'abondance extraor- « dinaire des espèces du Cap ne coïncide pas avec des diver- « sités bien grandes de climats. Les montagnes de cette région « ne portent pas des neiges perpétuelles; il y a de vastes éten- « dues desséchées, et, sur le littoral, il ne semble pas que l'hu- « midité et la température varient d'une manière sensible. La « Nouvelle-Hollande, qui est, sous ce point de vue, dans des « circonstances analogues, ne présente pas une variété d'es- « pèces aussi grande. Je croirais donc à une influence anté- « rieure, c'est-à-dire à des causes géologiques, en vertu des- « quelles cette végétation du Cap serait la continuation d'une « flore très-riche, d'une flore liée autrefois à une diversité de « climats plus grande qu'aujourd'hui ou à quelque végétation « d'îles et de continents voisins qui auraient disparu, après « avoir exercé longtemps une influence. Peut-être le nombre « de milliers d'années depuis lequel certaines régions se « trouvent hors de la mer, et présentent des conditions de cli- « mat favorables aux végétaux, est-il la cause qui explique leur « richesse actuelle quand les conditions de notre époque ne « suffisent pas? Je laisse aux géologues de discerner laquelle « de ces hypothèses est la plus vraisemblable. Il me suffit de « leur indiquer les phénomènes de géographie botanique dont « les circonstances actuelles du globe ne peuvent pas rendre « suffisamment compte. »

Les îles ont-elles moins d'espèces, à surface égale, que les continents? Cette question avait été résolue en sens opposé par divers botanistes. M. de Candolle, en la reprenant, considère d'abord les îles rapprochées, soit des continents, soit des grandes îles jouant le rôle de continents, puis les petites îles fort éloignées des terres, et enfin de grandes îles et archipels qui se trouvent éloignés de toutes terres, comme les îles Sandwich, les Açores, la Nouvelle-Zélande, etc. « En résumé, « dit-il, les îles éloignées des terres, excepté celles de la région « boréale, ont moins d'espèces qu'une surface égale, dans des « conditions analogues, sur les continents ou près des conti- « nents. L'appauvrissement extraordinaire de quelques petites « îles s'explique en outre, soit par une formation ignée ou « madréporique, soit par l'absence d'abri contre les vents de « mer ou contre un soleil trop ardent. Dans tout cela, les faits « s'accordent avec les prévisions du simple bon sens, car on « peut exagérer la facilité de transport des graines à travers « l'Océan, mais il faut bien admettre une difficulté quel- « conque à la diffusion des espèces par cette voie. Il en résulte « que les îles sont exposées à perdre des espèces, comme les « pays continentaux, mais qu'elles ont moins de chances de « les voir se remplacer ou se rétablir par une influence exté- « rieure. »

Végétation des îles.

Le nombre probable des espèces de phanérogames a aussi provoqué les spéculations du savant botaniste de Genève, mais, au lieu de partir des espèces décrites, d'estimer les omissions et les espèces à découvrir, ou bien de considérer les régions les unes après les autres et d'en apprécier les flores par les collections et autres documents pour arriver à un chiffre probable de l'ensemble, il a pris pour base un mode d'appréciation tout différent. Il avait fait voir que la surface moyenne qu'occupe une espèce de phanérogame est d'environ $\frac{1}{150}$ de la surface émergée du globe ou 45,500 lieues carrées. Or, si l'on considère l'Allemagne comme une région géographique moyenne qui peut être prise comme terme de comparaison, cette région ayant fourni 2500 espèces, les 116 ou 117 régions du globe, dont la sur-

Nombre des espèces de phanérogames.

face terrestre est de 6,825,000 lieues carrées, donneraient 290,000 espèces de phanérogames; et, toutes réserves faites, on peut admettre, dit M. de Candolle, le nombre 250,000 espèces, en conservant à cette dernière expression le sens que lui donnait Linné. Pour se faire une idée de l'accroissement des connaissances botaniques dans cette direction, il suffit de se rappeler qu'en 1820 Pyrame de Candolle estimait à 120,000 le nombre des phanérogames de tout le globe.

Division des surfaces terrestres en régions naturelles.

Après avoir examiné les diverses opinions émises par les botanistes sur la manière de diviser les surfaces terrestres en régions naturelles, l'auteur, opposant ces opinions les unes aux autres, montre que leur discordance ne permet pas de croire qu'elles reposent sur de vrais principes. « Aussi, dit« il, je tiens les divisions du globe par régions, proposées « jusqu'à présent, pour des systèmes artificiels, en grande « partie. Les règles en sont trop arbitriaires et les régions ob« tenues ne sont ni semblables dans la majorité des livres, « ni reconnues par le consentement du plus grand nombre des « botanistes. » (P. 1305.)

Origine des végétaux dans chaque pays.

Le chapitre XXVI comprend « *un aperçu des végétations de divers pays au point de vue de l'origine probable de leurs espèces, de leurs genres et de leurs familles.* » Ici M. de Candolle invoque les hypothèses émises par Ed. Forbes, en 1845, par M. Ch. Martins, en 1848, et par M. Hooker, sur les migrations des plantes avant l'ère moderne et par suite de changements dans les climats, les reliefs et la distribution différente des terres émergées dans l'ouest de l'Europe, comme nous le dirons tout à l'heure. Aussi M. de Candolle attend-il beaucoup des recherches géologiques et paléontologiques futures pour décider une partie des questions qui se rattachent à l'origine des espèces. *L'origine probable des végétations actuelles considérées au point de vue des genres et des familles qui les composent* lui suggère les réflexions suivantes, qui rentrent dans l'ordre des idées que nous traitons actuellement; aussi les reproduirons-nous dans toute leur étendue.

(P. 1336.) « Il est impossible, en effet, dit le savant bota-

« niste, de ne pas sentir une influence mystérieuse, inexplica-
« ble, celle de la distribution première des classes, familles,
« genres, espèces, races, en un mot, des formes plus ou moins
« analogues, au moment de leur apparition. Chaque groupe a
« un centre géographique plus ou moins étendu ; chaque
« terre, excepté de petites îles dont les végétaux paraissent
« avoir été détruits par des volcans et des régions qui sont
« sorties récemment de la mer, présente des formes caracté-
« ristiques. Nous ne pouvons nullement nous figurer un état
« de choses dans lequel chaque groupe aurait été réduit à un
« seul individu, et alors même la situation première de l'in-
« dividu aurait entraîné d'immenses conséquences au travers
« des époques géologiques. Qu'on examine un pays ou un
« autre, une époque ou une autre, ce sont toujours des mil-
« liards de végétaux plus ou moins différents qui s'offrent à
« nos yeux ou à notre imagination, et ils sont groupés géo-
« graphiquement, comme ils le sont au point de vue de leurs
« formes et de leurs qualités physiologiques.

« En s'exprimant ainsi, j'en conviens, on raconte des faits ;
« on n'essaye aucune explication, même hypothétique. Ce n'est
« pas une manière d'avancer. Mais, du moment où l'on veut
« scruter les circonstances particulières de chaque groupe et
« de chaque contrée, on se voit relancé dans un champ par
« trop indéfini d'hypothèses.

« Les groupes naturels se sont-ils succédé dans un ordre
« déterminé, soit dans le monde en général, soit pour chaque
« pays? c'est-à-dire, dans la série des milliers de siècles déjà
« écoulés depuis la création de végétaux, les plantes phané-
« rogames sont-elles venues après les cryptogames, les dico-
« tylédones après les monocotylédones, les composées après
« d'autres familles, etc. ? Cette évolution a-t-elle eu lieu simul-
« tanément dans tous les pays, ou sur chaque terre, après une
« certaine durée de ses espèces? Telles sont les immenses ques-
« tions qu'il est aisé de soulever et impossible de résoudre dans
« l'état actuel des connaissances. Le peu de données que l'on
« possède contribue souvent à vous faire flotter d'une hypothèse

« à une autre. Ainsi, quand on voit des îles comme Juan-« Fernandez et Sainte-Hélène, peuplées essentiellement de deux « catégories de formes, les unes très-anciennes dans le monde « (les fougères), les autres récentes (les composées et les cam-« panulacées), presque sans intermédiaires, on se demande si la « création des formes végétales aurait été suspendue longtemps « dans ces îles, et si les composées auraient paru dans ces ré-« gions distantes, comme en Europe, au moment de l'époque « tertiaires, par une cause générale et non locale (1).

(1) La flore des îles éloignées des continents, dit M. R. A. Philippi *, offre ce caractère particulier d'être pauvre en espèces et d'en posséder un certain nombre qui lui sont propres. Cette circonstance est une preuve que l'on peut invoquer à l'appui des centres de création distincts. Les flores primitives des îles très-écartées n'ont pu, en effet, s'étendre d'aucun côté pour s'y propager ni recevoir d'accroissement du dehors.

La flore de l'île de Juan-Fernandez, située à 150 lieues à l'ouest de la côte du Chili, île volcanique dont l'altitude maximum atteint environ 1000 mètres, en offre un exemple frappant. Les 137 espèces de plantes vasculaires qu'elle possède sont réparties dans 43 familles, ce qui donne en moyenne 3 espèces par famille. La flore correspondante du Chili comprend 3000 espèces, appartenant à 130 familles ou 23 espèces en moyenne. Les fougères de Juan-Fernandez, au nombre de 36, forment les 26,3 0/0 du total de sa flore, les synanthérées 23 ou 16 0/0, et 10 espèces de graminées 7 0/0. Au Chili les fougères ne forment que 3,5 0/0 au lieu de 26, les synanthérées 21 0/0, les graminées 8,5 0/0, les légumineuses 7,5 0/0. Ces dernières ne présentent qu'une espèce à Juan-Fernandez, et en outre beaucoup de familles du Chili manquent dans cette île.

La prédominance des fougères sur les autres plantes est, comme on l'a dit, un caractère commun à toutes les îles de l'Océanie et qui justifie bien l'opinion que nous avons sur l'état de la surface de la terre à l'époque houillère.

81 espèces de Juan-Fernandez ou plus de la moitié du total n'existent pas sur le continent le plus voisin et sont propres à cette île. 6 de ces espèces qui manquent au Chili se retrouvent : 1 à la Nouvelle-Zélande, 1 au Pérou, 1 en Europe (*Anthoxantum odoratum*), 1 aux Indes orientales avec 2 fougères.

La proportion des arbres et des arbrisseaux y est très-considérable ; il y en a 50 espèces ou 56 0/0 du total. Des labiées et des ombellifères arborescentes augmentent l'étrangeté de cette flore, et, ce qui est plus extraordinaire encore, ce sont des chicoracées en arbre (*Rea*) et des *Gunnera* aussi arborescentes. Enfin, l'ancienne existence du bois de santal, que l'on trouve partout à l'état de bois mort sans qu'il y ait nulle part aucun pied vivant, est encore une particularité botanique de cette île.

* *Ann. des sc. naturelles*, 4e série, vol. VII, p. 87; 1857.

« D'un autre côté, en voyant la richesse des formes végétales « dans certaines régions émergées et non dévastées depuis « plusieurs époques géologiques, dans des pays même isolés « ou presque isolés, comme la Nouvelle-Hollande et le Cap, on « est tenté de croire à une évolution régulière de formes de « plus en plus compliquées, sur chaque surface terrestre, in- « dépendamment de ce qui arrive ailleurs. On penche encore « plus vers ce système lorsqu'on voit, en zoologie, que les « espèces éteintes d'une région ressemblent souvent aux espèces « qui ont succédé dans la même région ; que, par exemple, la « Nouvelle-Hollande se distinguait par des marsupiaux, et le « Brésil par des Tapirs, rongeurs, singes, etc., dans les « époques antérieures comme à la nôtre; que les quadrumanes « fossiles d'Amérique ont le système dentaire des quadrumanes « actuels de cette partie du monde, et les quadrumanes fossiles « d'Europe le système dentaire de ceux de l'ancien monde à « l'époque actuelle. Enfin, la distribution de certains groupes « dans une partie du monde seulement, comme les stylidiées « à la Nouvelle-Hollande et pays voisins, les cactacées en Amé- « rique, etc., et l'extension des groupes caractéristiques d'un « continent sur des îles indépendantes, qui en deviennent en « quelque sorte des annexes, à ce point de vue des genres ou « des familles, comme les Gallapagos de l'Amérique, Sainte- « Hélène de l'Afrique, tous ces phénomènes font présumer une « loi d'évolution ou plutôt de créations locales, selon laquelle « chaque flore ou faune dépendrait, jusqu'à un certain degré, « de celle qui a précédé. Le lien entre les êtres organisés suc- « cessifs d'une même partie du monde nous échappe, à nous « qui repoussons l'idée d'une transformation d'une famille dans « une autre, d'un genre dans un autre, même d'une espèce « véritable dans une autre (p. 1093 et suivantes); mais l'étude « des faits géographiques et paléontologiques nous ramène à « l'idée d'un lien, c'est-à-dire d'un rapport de cause à effet entre « les êtres organisés d'une époque dans une région et ceux qui « ont suivi dans la même région, à moins que, par des circon- « stances locales, ils n'aient été importés de régions voisines.

« En définitive, la loi primordiale des faits est dans la créa-
« tion et dans la distribution première des groupes qui ont
« paru successivement; les modifications secondaires viennent
« des communications et séparations de surfaces terrestres ou
« des altérations de climats qui ont pu avoir lieu, à la suite
« d'abaissements et d'élévations des terrains, pendant la série
« immense des événements géologiques.

« La marche régulière de la science devrait être : 1° de con-
« stater au moyen de la distribution géographique des groupes
« et de l'influence des conditions extérieures, ce qui s'explique
« par les circonstances actuelles; 2° de chercher dans les autres
« phénomènes ce qui peut s'expliquer par des causes secon-
« daires dans chaque partie du monde et à chaque époque;
« 3° de déduire de là ce qui constitue la loi principale de suc-
« cession et de distribution géographique des êtres organisés.

« Je me suis efforcé dans cet ouvrage d'étudier le premier
« point, en ce qui concerne les végétaux. Le second dépend
« du progrès graduel de la géologie et de la paléontologie. Le
« troisième est le dernier mot de la science, qui ne sera peut-
« être jamais prononcé, à cause de l'insuffisance de nos moyens
« d'observation et de l'arrivée tardive de l'homme sur le
« théâtre des phénomènes qu'il voudrait comprendre et expli-
« quer. »

Conclusion générale.

Enfin nous reproduirons encore les *Conclusions générales* de M. de Candolle, qui complètent le tableau des faits botaniques actuels en se coordonnant d'une manière heureuse avec les données géologiques et paléontologiques les mieux constatées aujourd'hui.

(P. 1339.) « La végétation actuelle est la continuation, au
« travers de nombreux changements géologiques, géogra-
« phiques, et plus récemment historiques, des végétations
« antérieures. La distribution des végétaux, à notre époque,
« est donc intimement liée à l'histoire du règne végétal.

« Heureusement, pour expliquer les faits actuels, il n'est
« pas nécessaire d'adopter une opinion sur les hypothèses les
« plus obscures de la cosmogonie et de la paléontologie, par

« exemple, sur le mode de création des espèces, sur le nombre « des individus de chaque espèce à l'origine et sur leur distri- « bution primitive. La géographie botanique peut indiquer « certaines probabilités, appuyer certaines théories à cet égard; « mais les circonstances principales de la distribution actuelle « des végétaux dépendent de causes moins anciennes et moins « obscures. Il suffit pour les comprendre d'admettre, ce qui « est probable d'après un ensemble de faits et de raisonne- « ments, que les êtres organisés de différentes formes hérédi- « taires (classes, familles, genres, espèces, races) ont paru en « différentes régions à des époques variées, les plus simples « probablement les premiers, les plus compliqués ensuite; que « chacun de ces groupes a eu communément un centre primitif « d'habitation plus ou moins vaste; qu'il a pu, pendant toute « la durée de son existence, devenir plus commun ou plus « rare, prendre une habitation plus étendue ou plus restreinte, « selon la nature physiologique des plantes qui le composent, « les moyens de propagation et de diffusion dont elles sont « douées, l'absence ou la présence d'animaux qui les attaquent, « la forme et l'étendue des surfaces terrestres, la nature des « climats successifs dans chaque pays et les moyens de trans- « ports qui résultaient de la position des mers et des surfaces « terrestres; que beaucoup de ces groupes ont cessé d'exister, « tandis que d'autres ont paru, en nombre supérieur, du moins « si l'on compare l'époque actuelle avec les époques les plus « anciennes; enfin, que l'époque géologique récente, dite « quaternaire (celle qui a précédé l'existence de l'homme en « Europe et qui a suivi les derniers soulèvements des Alpes), « a duré plusieurs milliers d'années, pendant lesquels des « changements géographiques et physiques importants sont « arrivés en Europe et dans quelques pays voisins, tandis que « d'autres régions de la terre ne changeaient pas ou éprou- « vaient d'autres modifications.

« Ces principes de géologie et de paléontologie réduits, « comme on voit, à des termes très-généraux et bien peu con- « testables, suffisent pour expliquer les faits de géographie

« botanique, ou du moins pour donner la nature de l'explica-
« tion, que les progrès de plusieurs sciences devront ensuite
« compléter.

« Les phénomènes les plus nombreux, les plus importants,
« et quelquefois les plus bizarres de la distribution actuelle
« des végétaux s'expliquent par ces causes antérieures ou par
« une combinaison de ces causes antérieures et de causes plus
« anciennes, quelquefois primitives. Les causes physiques et
« géographiques de notre époque ne jouent qu'un rôle très-
« secondaire. J'ai montré qu'en partant du fait originel, im-
« possible à comprendre, ou plutôt à expliquer, de la création
« de chaque forme dans un certain pays, à une certaine époque,
« on peut ou l'on doit expliquer principalement par des causes
« subséquentes, antérieures à notre époque : 1° l'aire (ou sur-
« face d'habitation) fort inégale des familles, genres et espèces
« (chap. VII, p. 474) ; 2° la disjonction d'habitation de quelques
« espèces (chap. X, p. 993) ; 3° la distribution actuelle des
« espèces d'un même genre et d'une même famille dans l'ha-
« bitation du genre et de la famille ; 4° les dissemblances de
« végétation entre des pays maintenant analogues de climat ou
« rapprochés sans être contigus, et les ressemblances entre
« des localités ou des pays fort éloignés (chap. XXVI, p. 1310),
« sans communications possibles aujourd'hui.

« Les seuls phénomènes qui s'expliquent au moyen des
« circonstances actuelles sont : 1° la délimitation des espèces,
« et, par conséquent, des genres et des familles, sur chaque
« surface terrestre où elles existent ; 2° la distribution des in-
« dividus d'une espèce dans le pays qu'elle occupe ; 3° l'ori-
« gine géographique et l'extension des espèces cultivées ; 4° les
« naturalisations d'espèces et le phénomène inverse d'une ra-
« reté croissante ; 5° les disparitions d'espèces contemporaines
« de l'homme.

« On le voit, les causes primitives et antérieures à nous sont
« encore prépondérantes ; mais l'activité croissante de l'homme
« les efface tous les jours, et ce n'est pas un des moindres mé-
« rites de notre civilisation moderne de constater une multi-

« tude de faits, dont nos arrière-neveux n'auront plus de « preuve matérielle visible. »

Les explications que nous venons de voir M. de Candolle emprunter, sans discussion bien approfondie, aux idées théoriques d'Ed. Forbes, sur la présence de certaines formes végétales actuelles dans les Iles Britanniques comme l'avait fait aussi M. Wallich (*antè*, p. 277), nous engagent à reproduire ici notre analyse du travail du savant naturaliste anglais, laquelle, pour d'autres motifs, eût été mieux placée à la description du terrain quaternaire, ainsi que nous l'avons dit dans le second volume de l'*Histoire des progrès de la géologie*. Nous suivrons la marche que l'auteur a adoptée, en distinguant toutefois des résultats de l'observation directe que nous sommes tout disposé à admettre quelques considérations qui nous paraissent de nature à soulever des objections sérieuses. Hypothèse d'Ed. Forbes.

« En supposant la diffusion des êtres de certains centres « primitifs, Ed. Forbes pense que les agents ordinaires de « transport tels que les cours d'eau terrestres et les courants « marins, les vents, les animaux, et, en dernier lieu, l'influence « de l'homme, ne suffisent pas pour rendre compte, dans le « plus grand nombre des cas, de la ressemblance de certaines « flores locales très-éloignées aujourd'hui les unes des autres; « aussi s'est-il proposé de démontrer qu'il y avait eu autrefois, « entre ces diverses régions, des communications successive« ment établies par des oscillations du sol, puis rompues en« suite, ce qui n'est d'ailleurs que le développement de l'idée « déjà formulée par M. Wilson.

« Les végétaux des Iles Britanniques se groupent en cinq « flores distinctes, dont quatre sont concentrées dans des pro« vinces déterminées, et la cinquième, qui occupe exclusive« ment une grande surface, s'étend aussi plus loin en se mêlant « avec les quatre autres. La première de ces flores est la plus « restreinte et se trouve confinée dans les districts montagneux « de l'ouest et du sud-ouest de l'Irlande. Elle est caractérisée « par des espèces peu fécondes, et le point le plus rapproché « de l'Europe, d'où elle semble provenir, serait le nord de

« l'Espagne. Il ne paraît pas y avoir de faune ou d'association « d'animaux correspondant à cette flore.

« La seconde flore, celle du sud-est de l'Irlande et du sud-« ouest de l'Angleterre, comprend un certain nombre d'espèces « qu'on ne trouve point ailleurs dans les Iles Britanniques; « mais elle est dans un rapport intime avec celle des îles de la « Manche et des parties voisines de la France. Quelques co-« quilles terrestres affectent une distribution correspondante.

« Dans le sud-est de l'Angleterre, où la craie est particu-« lièrement développée, les végétaux de la troisième flore « montrent un grand nombre d'espèces communes à ce district « et aux côtes opposées de la France. Les caractères de la faune « entomologique sont en rapport avec l'existence de cette flore, « et il en est de même des coquilles terrestres confinées à ce « district, ou s'étendant très-rarement au delà.

« Les plantes des montagnes d'Écosse, qui composent la « quatrième flore, sont peu nombreuses au sud, dans le Nor-« thumberland et le pays de Galles, mais elles sont toutes iden-« tiques avec celles des chaînes du nord, telles que les Alpes « scandinaves, où l'on trouve en outre associées avec elles des « espèces qui ne se montrent point dans les Iles Britanniques. « Les formes alpines diminuent progressivement du N. au S., « et la même distribution paraît exister pour la faune de la ré-« gion montagneuse.

« Enfin la cinquième flore, soit seule, soit associée aux « autres, est identique avec celle de l'Europe centrale et occiden-« tale ou *flore germanique*, et la faune qui l'accompagne dimi-« nue en s'avançant vers le N. et vers l'O.

« Ce n'est qu'après le dépôt de l'argile de Londres ou du « terrain tertiaire inférieur que les migrations des plantes et « des animaux dont on vient de parler peuvent avoir com-« mencé, la température ayant auparavant favorisé le déve-« loppement d'êtres organisés très-différents. Ces migrations « doivent aussi avoir eu lieu avant l'apparition de l'homme, « car les tourbières, composées de débris des vastes-forêts, « qui, pendant les temps historiques les plus reculés, occu-

« paient une grande partie de la surface actuelle des Iles Bri-
« tanniques, recouvrent les marnes d'eau douce avec *Cervus*
« *megaceros*, etc., lesquelles surmontent à leur tour les dépôts
« *tertiaires pleistocènes* formant le lit soulevé de la mer lors
« de la *période glaciale* (1).

« Pendant l'époque quaternaire (*post-pliocène*), la plus
« grande partie de la flore et de la faune des Iles Britanniques
« émigra du continent sur ce lit élevé de la *mer glaciale*.
« Les animaux, comme les végétaux des types germaniques,
« montrent, par leur distribution dans l'est de l'Angleterre,
« aussi bien que par leur rareté à mesure qu'on s'avance vers
« l'O. et leur absence en Irlande et en Écosse, la réalité du
« point de départ qui leur est assigné.

« La quatrième faune émigra du nord, pendant l'*époque*
« *glaciale*, lorsque l'Écosse, le pays de Galles, une partie de
« l'Irlande et certains groupes d'îles étaient entourés de glace.
« La mer était alors beaucoup plus étendue, et les montagnes
« actuelles n'étaient que des îles sur les côtes desquelles fleu-
« rissaient les plantes d'un caractère sub-arctique. Lorsque le
« fond de la mer fut soulevé, ces îles devinrent des montagnes,
« une nouvelle population de végétaux et d'animaux occupa
« cette surface nouvellement émergée, et les plantes de l'*époque*
« *glaciale* se maintinrent dans la partie élevée des montagnes.

« Dans ce qui précède, le savant zoologiste anglais n'a point
« tenu compte du fait le plus certain de l'époque quaternaire,
« ou plutôt il semble avoir pris la période des glaces pour
« celle de la faune arctique; mais le phénomène des stries a
« dû se produire dans le moment des grandes glaces supposées,
« et il est antérieur à la flore et à la faune arctiques. Alors les
« terres étaient plus élevées qu'elles ne l'ont été pendant
« l'existence des coquilles arctiques, où un abaissement mit
« *sous* l'eau les stries et les surfaces polies qui avaient été
« faites *au-dessus*. On conçoit difficilement que les végétaux

(1) Dans tout son travail, Ed. Forbes regarde comme démontrée l'existence d'une *période de glaces*.

« aient pu se propager au loin, soit lorsque tout le pays était « sous la glace ou la neige, soit lorsque ensuite il a été recou-« vert d'eau en très-grande partie. Dans l'un et l'autre cas, les « circonstances devaient être peu favorables à de telles migra-« tions. L'hypothèse de Forbes se trouverait donc en con-« tradiction avec les déductions les plus probables, savoir, que « les terres étaient plus élevées pendant la formation des stries « que pendant le dépôt des coquilles arctiques dont le soulève-« ment résulte d'un troisième phénomène postérieur aux deux « autres, et rien ne prouve que depuis lors le fond de la mer « ait été plus à découvert qu'il ne l'est aujourd'hui.

« Comme le sud de l'Irlande et de l'Angleterre, continue « l'auteur, n'était point submergé pendant l'époque glaciale, « les trois autres flores ont pu y venir avant, pendant ou après « cette époque. La troisième, qui est la plus étendue, occupe « la surface crayeuse du Kent, circonstance d'ailleurs fortuite, « quant à la nature du sol, car elle n'est pas essentielle à « l'existence des espèces. Ces végétaux venaient du nord-ouest « de la France, et la formation du détroit marquerait l'instant « de leur isolement. Si, comme cela est probable, la rupture « des couches a été effectuée avant la destruction de la *grande « plaine germanique* qui favorisa la migration de la cinquième « flore, nous pouvons, dit Forbes (p. 346), regarder la flore du « Kent comme très-ancienne, et peut-être même antérieure à la « seconde, celle du Cornouailles, du Devonshire, du sud-est de « l'Irlande, des îles de la Manche et de l'ouest de la France, « laquelle a un caractère plus méridional que la troisième.

« Nous avons déjà vu que les données géologiques et zoolo-« giques se réunissaient pour placer la séparation de l'Angle-« terre du continent à l'époque de la destruction de la faune « des grands mammifères, c'est-à-dire à la fin du phénomène « qui accumula le *drift*, ce qui s'accorderait peu avec l'ancien-« neté que M. Forbes attribue à cette rupture, relativement à « une plaine émergée dont rien, géologiquement, hydrogra-« phiquement ni orographiquement, ne nous révèle l'existence.

« Les caractères géologiques des districts occupés par la

« seconde flore sont en rapport avec les restes d'une grande « barrière détruite qui marquait aussi la limite sud de la mer « glaciale. Mais quelle est cette grande barrière invoquée par « l'auteur? Serait-ce la chaîne de collines des North-Down, « dont nous avons déjà parlé? En outre, la limite septentrionale « de la deuxième flore, représentée par une teinte rose sur la « carte, pl. vi, ne coïncide certainement avec aucun caractère « physique ni géologique du sol de la France et de l'Angle- « terre. Le bord de la *mer glaciale* n'est point en rapport avec « cette limite supposée, car, sauf l'exception que nous avons « signalée, le phénomène erratique du nord ne se voit point « nettement au sud d'une ligne tirée de l'embouchure de la « Tamise à Dusseldorf. L'examen comparatif du relief, de la « disposition et de la puissance relative des dépôts tertiaires et « plus récents, tels que nous les avons déjà recherchés, et tels « que nous les indiquerons ci-après plus complétement, ne « nous paraît donc pas justifier les suppositions de Forbes.

« La première flore, celle de l'ouest de l'Irlande, renferme « des plantes propres à la grande péninsule de l'Espagne et du « Portugal, et principalement aux Asturies, ou qui y sont très- « répandues, et, comme sa présence ne peut être expliquée « par des courants marins ni aériens, pour les premiers à cause « de leur direction et pour les seconds à cause de l'espèce des « graines transportées, le savant naturaliste admet qu'à une « époque plus ancienne que celle des flores précédentes il y « avait une relation géologique (*geological union*), ou un voi- « sinage très-rapproché de l'ouest de l'Irlande avec le nord « de l'Espagne, et que la flore des terres intermédiaires était « le prolongement de celle de la péninsule. Enfin la destruc- « tion de ces terres serait antérieure à la période glaciale.

« Après avoir rappelé les caractères de la faune tertiaire « moyenne (*miocène*) (p. 348), en supposant la communication « de la Méditerranée avec l'Océan, entre Montpellier et Bor- « deaux, ce dont nous n'avons encore aucune preuve, tandis « qu'il existe des raisons négatives du contraire, Forbes dit « que ce n'est pas à ce moment qu'il place la jonction des

« Asturies et de l'Irlande, mais qu'ayant observé dans la Lycie
« des dépôts tertiaires moyens à 1800 mètres d'altitude, le lit
« de cette grande *mer miocène* semble avoir été uniformément
« élevé dans le centre de la Méditerranée et l'ouest de l'Eu-
« rope, ce qui, suivant toute probabilité, a dû être l'époque
« du rapprochement des Asturies et de l'Irlande. Ici encore,
« nous regrettons de ne trouver ni dans l'orographie actuelle
« de cette partie de l'Europe, ni dans les caractères stratigra-
« phiques des dépôts, non plus que dans les formes que l'on
« peut attribuer aux anciens bassins tertiaires par la direction
« des couches, rien qui confirme l'existence de cette surface
« émergée. Le prolongement possible de certaines portions de
« terre vers l'O., telles que les pointes du Cornouailles et de
« la Bretagne, ne donne aucune probabilité pour une émersion
« aussi générale que celle qui est supposée. L'exemple cité
« sur les pentes du Taurus est purement local et n'est point
« applicable à l'ouest de l'Europe, où les couches tertiaires
« moyennes marines ne dépassent pas 150 mètres d'altitude,
« et cela depuis le Norfolk jusqu'au pied des Pyrénées, comme
« en Espagne, en Portugal et aux Açores. Il faudrait admettre
« en outre un abaissement subséquent dont Forbes ne parle pas,
« non plus que de l'époque à laquelle il aurait eu lieu. Quant
« à l'argument fort ingénieux tiré du grand banc de fucus de
« l'Atlantique, il repose sur une connaissance trop incom-
« plète encore du fait lui-même pour être d'une valeur réelle.

« Au point de vue botanique, peut-être eût-on désiré de
« voir démontrer d'abord que les circonstances extérieures
« sous lesquelles vivent aujourd'hui les cinq flores de la Grande-
« Bretagne, telles que la latitude, l'altitude, la température,
« les vents, l'humidité ou la sécheresse, l'exposition, la nature
« du sol, le plus ou moins d'éloignement de la côte, etc., etc.,
« sont tout à fait insuffisantes pour expliquer leurs divers ca-
« ractères; or, cette partie importante de la question ne semble
« pas avoir été abordée par Ed. Forbes. La géographie des plan-
« tes, telle qu'elle a été fondée par son illustre auteur et telle
« qu'elle est étudiée par ses continuateurs, entre autres par

« M. Ch. Martins et M. Alph. de Candolle, n'est pas une spé-
« culation abstraite; c'est la conséquence d'une multitude de
« circonstances physiques dont il faut apprécier l'importance
« relative. On sait en outre que les plantes ont des circonscri-
« ptions géographiques très-différentes; ainsi, il y en a que l'on
« rencontre sur des étendues de 25° en latitude et sur de beau-
« coup plus considérables en longitude, tandis que d'autres n'oc-
« cupent que des zones extrêmement restreintes dans les deux
« sens; il eût donc été utile d'étudier sous ce rapport les cinq
« flores anglaises. Le rayonnement des plantes d'un centre n'est
« pas non plus bien prouvé, et l'on peut se demander, par
« exemple, quel est le centre originaire d'où auraient rayonné
« les espèces communes à l'Amérique du Nord et à l'Europe
« occidentale. Cette idée nous paraît d'ailleurs avoir été pré-
« sentée d'une manière plus philosophique par M. A. Richard,
« lorsqu'il a dit : « Peut-être un examen plus attentif prouve-
« rait-il que ces points de départ, dont le nombre, quoique
« assez grand, est cependant limité, correspondent à des épo-
« ques diverses du soulèvement des différents points de la
« surface du sol (1). »

« Ed. Forbes établit plus loin (p. 350) que l'identité spécifi-
« que, sur une certaine étendue, de la flore et de la faune d'un
« pays avec celles d'un autre, dépend à la fois de ce que les
« pays font ou ont fait partie d'un même centre spécifique, ou
« bien de ce qu'ils ont tiré leurs animaux et leurs végétaux par
« transmission, au moyen de la migration sur une terre con-
« tinue ou très-voisine, migration favorisée, dans le cas des
« flores alpines, par le transport sur les glaces flottantes.
« L'identité de la flore alpine du centre de l'Europe avec celle
« de l'Asie centrale est aussi attribuée à l'époque glaciale et
« aux phénomènes qui s'y sont produits; mais à cet égard on
« ne possède pas de preuves géologiques plus positives que
« pour plusieurs des assertions précédentes, et rien ne constate
« que la mer de l'époque glaciale se soit étendue jusqu'au

(1) *Nouveaux Éléments de botanique*, p. 523, in-8. Paris, 1846.

« centre de l'Asie. On sait que les blocs erratiques et les stries « n'ont encore été signalés ni dans l'Oural, ni dans l'Altaï, et « à plus forte raison au sud de ces chaînes et dans les vastes « plaines qui les séparent.

« Les dépôts argileux avec blocs et lits de coquilles arctiques « seraient, d'après l'auteur (p. 352), contemporains de la flore « venue du nord, ce qui justifie notre observation précédente, « car ces dépôts se sont formés après les grandes glaces, alors « qu'il y avait moins de terres émergées qu'aujourd'hui. Puis « il recherche la distribution des mollusques qui vivent actuel- « lement sur les côtes des Iles Britanniques et les suit dans « les mers éloignées où ils ont des représentants. Il fait voir « que les animaux rayonnés ont une distribution analogue à « celle des mollusques; et, quant à l'histoire de cette faune « considérée dans son ensemble, il est porté à penser qu'elle « peut avoir eu quelques représentants dès l'époque crétacée « et dans la période tertiaire inférieure; mais ce n'est que dans « la période tertiaire moyenne que les analogies deviennent « réellement remarquables.

« Nous avons cru devoir discuter quelques-unes des hypo- « thèses émises par le savant naturaliste anglais, parce qu'il « nous a paru nécessaire de faire sentir les inconvénients qu'il « y avait à vouloir rendre compte de faits encore inexpliqués « dans une science (la géographie botanique), en empruntant « à une autre science (la géologie) des suppositions créées « pour ainsi dire en vue de ces explications mêmes, et qui ne « sont point suffisamment justifiées. Nous sommes loin de « penser que ces aperçus si ingénieux ne puissent mettre sur « la voie de découvertes intéressantes et même que plusieurs « d'entre eux ne soient fondés; mais, nous le répétons, les « preuves tirées de la géologie ont besoin de s'appuyer sur des « données plus certaines que celles qui ont été invoquées (1). »

(1) *Histoire des progrès de la géologie*, vol. II, p. 128-137; 1848.

CHAPITRE V

MODE DE FORMATION DES COUCHES FOSSILIFÈRES

Dans le chapitre précédent nous avons considéré les animaux et les végétaux dans leur répartition actuelle à la surface du globe et nous avons cherché à nous rendre compte des causes de cette distribution; dans celui-ci nous étudierons l'importance relative du rôle que jouent les diverses classes d'être organisés pour former, par l'accumulation successive de leurs détritus, des couches d'une épaisseur plus ou moins considérables. Ces deux sujets sont donc parfaitement distincts, mais ils sont tous deux également importants pour les nombreuses questions de paléontologie générale et particulière qui viennent s'y rattacher.

Il n'est pas nécessaire de suivre, dans l'examen des sujets que nous avons à traiter actuellement et qui se rapportent au *terrain moderne*, l'ordre du Tableau de la classification de ce terrain, que nous avons donné (*antè*, p. 156). Ces sujets s'y trouvent très-naturellement liés par les faits géologiques auxquels ils se rattachent, tandis qu'ici, en faisant abstraction de ces faits, ils se trouveraient rapprochés sans motifs, sans liaison apparente, et par conséquent d'une manière qui ne s'expliquerait pas. Nous avons donc préféré une disposition plus simple, et qui s'explique d'elle-même : c'est de considérer les êtres organisés de chaque classe suivant leur importance dans la composition des couches sédimentaires. Nous traiterons ainsi successivement dans ce chapitre : 1° des mollusques; 2° des polypiers; 3° des radiaires, des annélides et des crustacés; dans le chapitre VI des rhizopodes et des

infusoires ou des organismes inférieurs; et dans le chapitre VII des végétaux.

§ 1. Dépôts coquilliers modernes.

Les restes d'animaux morts provenant de mammifères, d'oiseaux, de reptiles et de poissons, les coquilles de mollusques céphalopodes ou pélasgiens, les acalèphes, les Aplisies, les radiaires stellérides, etc., tous les corps flottants, en un mot, ne peuvent, dans aucun cas, se déposer naturellement dans les mers profondes; car si, au moment même de la mort, quelques-uns d'entre eux se trouvaient plus pesants que le liquide ambiant, les gaz, qui ne tardent pas à se développer par suite de la putréfaction, les soulèveraient bientôt et les feraient flotter, de manière que ces corps puissent être apportés par les marées sur le littoral où le mouvement des vagues les dépose et les accumule. Suivant les caractères de la côte sur laquelle ils échouent et suivant leur nature propre, ils seront conservés ou brisés, et enveloppés dans les sédiments que ces mêmes vagues y stratifient.

Les plages sableuses, vaseuses, basses ou très-peu inclinées des golfes tranquilles, sont les conditions les plus favorables à la conservation des débris organiques accumulés ainsi, tandis que les côtes plus ou moins abruptes, rocheuses, composées de galets, de cailloux, exposées au choc des vagues soulevées par les tempêtes, ne conservent que peu de traces des débris organiques que la mer y apporte.

Quant aux crustacés, aux annélides tubicoles et arénicoles, aux mollusques fixés ou sédentaires, aux échinides et aux polypiers, qui vivent sur le fond même de la mer, et le plus grand nombre d'entre eux à une faible distance du rivage, il n'y a point de raisons pour qu'ils soient emportés dans la haute mer. D'un autre côté, la plupart des causes physiques ou mécaniques qui contribuent à la formation des sédiments, telles que la destruction des roches du littoral et les matières

tenues en suspension dans les eaux des fleuves et des rivières qui se rendent à la mer, se produisent aussi à peu de distance des terres émergées. On voit que tout concourt à ce que les restes organiques les plus abondants soient rapidement enfouis. De la sorte les causes tant organiques qu'inorganiques les plus efficaces pour la formation des dépôts de nos jours se trouvent généralement réunies non loin des côtes des continents et des îles.

Les coquilles qui vivent dans la vase même ou dans le sable, telles que les *Solen*, les Lavignons, les Myes, et mieux encore les coquilles perforantes ou lithophages, telles que les Pholades, les Gastrochènes, les Saxicaves, etc., ne courent aucune chance d'être déplacées après la mort de l'animal. Les mollusques sédentaires, fixés ou non, peuvent périr soit par l'âge, soit par suite de sédiments meubles que des coups de vents ou de fortes marées étendraient momentanément sur l'emplacement qu'ils occupent. Des bancs d'Huîtres, par exemple, ont été détruits par cette cause. D'autres coquilles, après la mort de leurs habitants, sont enlevées par les vagues, poussées sur la côte avec le sable lors des grandes marées, et s'y accumulent pêle-mêle avec les débris de roches et les cailloux arrangés dans l'ordre de leur pesanteur spécifique. Les coquilles peuvent alors se conserver d'autant mieux que, soit au-dessus, soit au-dessous du niveau moyen des eaux, elles sont plus exactement soustraites à l'action de l'air. Ces résultats varient d'ailleurs à chaque pas suivant la nature de la plage, son relief, la forme et la composition de la côte, sa direction par rapport à celle de la lame, celle des vents dominants, des courants, etc.

En général les dépôts coquilliers stratifiés par le balancement des vagues et des marées, et qui demeurent submergés, présentent les restes de corps organisés, surtout ceux d'une assez grande dimension placés à plat suivant les lois de la pesanteur. Il n'en est pas de même des accumulations dont nous venons de parler le long du littoral, au-dessus du niveau qu'atteignent les marées ordinaires ; les coquilles y sont entassées pêle-mêle dans toutes les positions.

Dans les eaux tranquilles ou peu exposées au mouvement des tempêtes ou aux grandes marées, il pourra y avoir une accumulation considérable, pendant un laps de temps fort long, de tous les restes de crustacés, d'oursins, de coquilles, de bryozoaires, d'annélides, de polypiers et de rhizopodes, qui auront vécu sur le fond, remplis ou entourés par le sable ou la vase après la mort des animaux, et ils passeront de la sorte à l'état fossile, sans changement notable dans leur position respective.

Les dépôts coquilliers qui se forment ainsi de nos jours se lient intimement, ou mieux ne sont qu'un cas particulier des alluvions sableuses, des deltas, des dunes, des bancs et des plages de galets qui bordent partout les terres émergées. D'un autre côté, il est souvent assez difficile de séparer nettement les dépôts modernes ou de la période actuelle de ceux que nous rangeons dans la période précédente ou quaternaire, d'abord parce que le plus grand nombre des espèces sont communes, et ensuite parce que des phénomènes de soulèvement des côtes ayant certainement eu lieu de nos jours, l'élévation d'un dépôt littoral au-dessus du niveau actuel des mers n'est pas non plus un critérium certain. Les dépôts de transports diluviens proprement dits épars à la surface des continents et les dépôts lacustres qui les accompagnent parfois nous présenteront moins d'incertitude à cet égard que les atterrissements des côtes. Aussi ne citerons-nous qu'un petit nombre de ceux-ci, qui, par divers motifs, semblent devoir être rapportés à l'époque moderne.

Sur les côtes d'Islande, des dépôts coquilliers modernes ont été signalés, et sur la côte nord du Cornouailles, de la Bèche cite une roche composée de sable et de débris de coquilles cimentés par de l'oxyde de fer. Elle résulte, comme les dunes, de sables transportés par les vents, et a même, comme celles-ci, englouti des villages entiers que des fouilles ont fait retrouver avec les ossements des cimetières et d'anciennes monnaies. Cette roche est tellement solide qu'à New-Kay la falaise qu'elle constitue a été creusée, sur divers points, pour y abriter des

bateaux. Elle a été exploitée pour la construction de l'église de Crantock, et elle s'étend sur une longueur de plusieurs milles dans le bois de Fistrel (Quintrel ?)

En France, sur les côtes du Calvados, entre Dives et l'embouchure de l'Orne, on remarque, de distance en distance, des blocs d'un poudingue composé de cailloux et de coquilles revêtues encore de leurs couleurs, et réunies par du carbonate de chaux provenant en partie sans doute des débris triturés de quelques-unes de ces coquilles.

Les buttes coquillières de Saint-Michel en l'Herm, sur la côte de la Vendée, composées principalement d'*Ostrea edulis*, avec quelques *Mytilus edulis*, *Pecten*, *Buccinum undatum*, etc., mélangées de sable, et dont l'élévation maximum au-dessus du niveau de la mer est de 15 mètres, et le développement en longueur de 900 mètres, ont été rapportées à la période actuelle. Il est vrai que les ossements humains qu'on y a découverts paraissent avoir été ensevelis postérieurement à leur formation, et que, d'un autre côté, des recherches plus récentes encore les ont fait attribuer à d'anciens travaux de défense qui remonteraient au neuvième siècle (1).

Sur la côte orientale de l'île de Corse, dans la partie nord-est de l'étang de Diane, situé au nord de l'embouchure du Tavignano, et qui communique avec la mer, M. Aucapitaine (2) signale une île de 350 mètres de circonférence, et atteignant 25 mètres au-dessus des eaux environnantes, entièrement composée d'Huîtres (*O. edulis* et *lamellosa*), sans aucune apparence d'autre roche, et qui se prolongent sous les eaux autant que la vue peut s'étendre. L'examen attentif de toutes les conditions de ce dépôt ne permet pas à l'auteur de supposer qu'il puisse être dû à une cause artificielle.

Aux environs de Naples, M. A. Philippi (3) a décrit les co-

(1) De Quatrefages, *Bull. Soc. géol. de France*, 2ᵉ sér., vol. XIX, p. 933; 1862.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, vol. LIV, p. 816, 1037 et 1065; 1862. — *Bull. Soc. géol. de France*, 2ᵉ sér., vol. XX, p. 57; 1862.

(3) *Neues-Jahrb.* 1837, p. 285.

quilles sub-fossiles de Pouzzoles et d'Ischia, dont toutes les espèces vivent dans la Méditerranée, à l'exception du *Diplodonta dilatata*, qui est de la mer Rouge. Des dépôts modernes solidifiés sont cités depuis longtemps par Spallanzani, sur les côtes de Sicile, près du gouffre de Charybde; c'est le grès de Messine, équivalent de celui de Livourne, qui a aussi été rapporté avec plus de raison peut-être à l'époque quaternaire. Non loin de Venise, au fond de l'Adriatique, est un grès coquillier, à gros grains, consolidé par du carbonate de chaux.

En Morée, le long des îles d'Ipsili et d'Hydra, suivant Boblaye, des fragments de poterie sont reliés aux cailloux par un calcaire spathique. On observe de semblables dépôts sur les côtes de l'Achaïe, surtout près de Maratonisi, et en général sur les points où la mer est le plus agitée. Dans l'île de Rhodes, un dépôt analogue a montré aussi des fragments de poterie. M. de Verneuil (1) indique en Crimée un dépôt coquillier très-moderne, qui se continue peut-être encore, et ne renferme que des coquilles vivant toutes dans la mer Noire. Sur les côtes de la Caspienne M. Felkner (2) décrit des accumulations semblables, composées de conglomérats, de grès et de sable, des calcaires et des dépôts de sel et de coquilles brisées (*Cardium rusticum*, *C. triquetrum*, *Mya edentula*, *Mytilus polymorphus*). Sur la côte de Jaffa, près Saint-Jean-d'Acre, un grès coquillier à gros grains, solidifié par du carbonate de chaux, forme des récifs dangereux, et toutes les coquilles sont celles qui vivent sur le littoral.

La disposition et le mode de formation des bancs de sable et de coquilles, sur les plages du Farsistan et du Khousistan, ceux des côtes, à l'est d'Ayac, et les sédiments modernes du delta de la Susiane, qui recouvrent le terrain tertiaire des Apennins de la Perse, ont été décrits par M. Ainsworth (3).

Les roches qui entourent le golfe de Suez ont aussi été re-

(1) *Mém. Soc. géol. de France*, 1re série, vol. III, p. 10; 1839.
(2) *Ann. du Journ. des mines de Russie*, vol. V, p. 343; 1838.
(3) *Researches in Assyria*, etc., in-8°; 1838.

gardées par Newbold (1) comme de l'époque actuelle. Elles atteignent jusqu'à 20 mètres au-dessus de la mer, et sont composées de débris de coquilles, de radiaires et de polypiers vivant sur la côte voisine. Cosséir et plusieurs autres villes sont bâties sur ces couches, soulevées lentement par un mouvement qui se continuerait de nos jours. Sur la côte occidentale, à 1 ou 2 mètres au-dessus de l'eau, ces accumulations recouvrent un banc de polypiers, et ont offert des os de chameaux.

En Algérie, dit M. Renou (2), les dépôts marins se continuent aussi sur les côtes et donnent en quelques points des signes certains de mouvements du sol à des époques géologiques récentes, et même depuis la domination romaine. Il est d'ailleurs fort probable que ces mouvements se produisent aujourd'hui comme par le passé. Les plus anciens de ces dépôts sont ceux des environs de la Calle; de la plaine de Bône, de la Mitidja, des plaines qui environnent Mostaganem et Oran. Aux portes de Bône, sous la terre végétale et des débris de matériaux romains, est une couche d'argile grise, avec des coquilles marines aussi fraîches que sur la plage. Le sable, agglutiné par un ciment calcaire, donne un grès empâtant des fragments de poterie. A l'est de la Calle, ce dépôt est à 7 ou 8 mètres au-dessus de la mer et s'étend jusqu'à une lieue dans la terre. Un sable fin, avec *Cardium edule*, se voit sur le bord des salines d'Arzéou, et dans la province d'Oran, le relèvement ne serait pas moins de 75 à 80 mètres.

La plaine de la Mitidja, bien que dépourvue de ces coquilles modernes, serait cependant de notre époque, suivant le même observateur. Les grès de Philippeville se forment encore et ont enveloppé des briques et des pierres de taille romaines. Ils sont placés à 2 mètres au-dessus du niveau de la mer. Plusieurs des changements de niveau indiqués par M. Renou,

(1) *On the geology of Egypte*, etc. (*Proceed. Geol. Soc. of London*, vol. III, p. 782.)
(2) *Ann. des Mines*, 4e sér., vol. IV, p. 534.

comme ayant eu lieu à l'époque actuelle, dépassent cependant beaucoup en amplitude ceux qui ont été constatés avec une certaine précision.

Suivant MM. Webb et Berthelot (1), des oolithes aussi parfaitement caractérisées que celles des couches jurassiques de France et d'Angleterre se forment journellement sur les plages de la grande Canarie, de Ténériffe, de Fortaventura, de Lancerote, de Madère, etc., dans la partie exposée à l'action des vents alisés. Les débris de coquilles sont agglutinés par du carbonate de chaux. La roche, blanc-jaunâtre et compacte lorsqu'elle est uniquement formée de coquilles, devient très-poreuse lorsque, par l'action des vents, elle est mélangée de sable et de débris volcaniques. Elle est alors employée comme pierre à filtrer dans toutes les Canaries. Dans l'intérieur des terres, l'agglutination du sable enveloppe aussi des coquilles terrestres, et surtout l'*Helix sarcostoma*, mais la roche n'a plus alors aucun caractère oolithique.

Sur divers points des côtes de l'île de l'Ascension, M. Darwin (2) a remarqué d'immenses accumulations de débris de coquilles et de coraux blanc-jaunâtre mélangés de particules volcaniques. A quelques pieds de profondeur, ce sédiment moderne a déjà acquis assez de solidité pour être employé dans la bâtisse; quelquefois même il se divise en feuillets de texture compacte et sonore sous le choc du marteau. Cette cimentation rapide, par du carbonate de chaux, s'opère d'une année à l'autre, et la pierre acquiert la densité du marbre. Les fragments de roche volcanique épars sur la plage s'encroûtent également de carbonate de chaux.

A l'ouest de Simons'town, au cap de Bonne-Espérance, Clarke-Abel (3) décrit un ban considérable élevé de 30 mètres au-dessus de la mer, et composé de coquilles et de sables accumulés par les vents de S.-E.

(1) *Hist. natur. des Canaries*, vol. II, p. 365; 1839.
(2) *Geological observations*, etc., in-8°; Londres, 1844.
(3) *Voyage en Chine*, p. 307.

Le phénomène d'encroûtement, qui s'observe particulièrement sur certaines plages, en rapport peut être avec le voisinage des volcans, ne pourrait cependant pas être exclusivement attribué à des émanations d'acide carbonique, car nous verrons les dépôts de carbonate de chaux se former à la surface des corps organisés dans des conditions tout à fait différentes.

Quelquefois des amas considérables de coquilles d'Huîtres, de *Cardium* ou de quelques autres espèces édules, ont été pris pour de véritables dépôts marins naturels, et n'étaient que les débris rejetés par d'anciens habitants des mollusques dont ils se nourrissaient. Tels sont ceux qu'a signalés M. Vanuxem sur plusieurs points des côtes des États-Unis et ceux dont nous aurons occasion de parler plus loin sur les côtes du Danemark.

Dans l'Amérique du Sud, le long des côtes de Payta, M. E. Chevalier (1) signale un conglomérat coquillier solide encore en voie de formation, et composé de fragments de phyllades, de grains de quartz et de grandes Huîtres.

Parmi les roches modernes, l'une des plus curieuses est le calcaire du Moule ou Môle à la Guadeloupe, dans lequel des squelettes de Caraïbes enchâssés et cimentés ont été cités comme des fossiles humains d'une époque ancienne. La roche est blanche, compacte, formée de fragments de coraux et de coquilles marines et même terrestres, telles que le *Bulimus guadalupensis*, agglutinés par un ciment calcaire qu'Alex. Brongniart attribuait à une source minérale sous-marine (2).

A Saint-Domingue, la plaine des Cayes semble avoir été formée ainsi; des débris de poteries et d'industries humaines s'y rencontrent jusqu'à une certaine distance dans les terres. L'île d'Anastase, sur la côte orientale de la Floride, vis-à-vis du port de Saint-Augustin, qui a plus de 3 lieues de long et élevée

(1) *Voyage autour du monde de la corvette* LA BONITE. *Minéralogie et géol.*, p. 131; 1844.

(2) *Voy.* sur ce sujet : Cuvier, *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, p. 138, *nota*.

seulement de 4 mètres au-dessus de la mer, est composée d'un agrégat de coquilles marines réunies par un ciment spathique. La roche est divisée en couches minces, séparées par des lits de coquilles non consolidées. Il s'en trouve parmi celles-ci beaucoup d'entières, qui ont conservé leurs couleurs et dont les analogues vivent dans les eaux voisines. Les parties dures de la roche sont fort recherchées pour les constructions, à cause de leur solidité, de leur légèreté et de leur résistance au choc des projectiles de guerre. Plusieurs édifices publics de Saint-Augustin en sont construits (1).

Dans l'île de Sainte-Croix, M. J. Hovey (2) a signalé des couches composées de coraux et de coquilles brisées rejetées par les vagues et agglutinées par un ciment calcaire. Toutes les coquilles vivent encore sur la côte et ont conservé leurs couleurs. Ces couches, qui renferment d'ailleurs des débris d'industrie humaine, reposent sur les strates redressés du terrain ancien de l'île. On en observe de semblables à la Barbade et à la Guadeloupe.

Il est à remarquer que ces formations récentes et surtout les dépôts calcaires ou ceux qui, composés de matières arénacées ou caillouteuses, sont cimentés par du carbonate de chaux assez abondant, s'observent sur les côtes des régions chaudes du globe entre les tropiques ou dans leur voisinage; sur le pourtour de la Méditerranée, ce sont des grès consolidés; mais plus au nord, ces phénomènes paraissent être fort rares.

A la Nouvelle-Hollande, dans la baie des Chiens-Marins, on signale un calcaire rempli de coquilles qui vivent sur la plage et qui ont présenté quelque analogie avec celles du calcaire grossier de Paris, sans doute à cause de la présence du genre Crassatelle et de la *C. pulchra*, qui a quelque ressemblance avec la *C. tumida*.

(1) Huot, *Nouveau Cours élémentaire de géologie*, vol. I; p. 319. — L. Dietz, *Journ. of the Acad. of Philadelphia*, 1824.

(2) *Amer. Journ.*, vol. XXXV, p. 64, 1838.

§ 2. Iles et récifs de Polypiers.

Nous avons rappelé, dès le commencement du Cours, cette pensée si juste de Lamarck, que l'importance des êtres organisés, dans la composition des couches de sédiment, est inverse à la fois de leurs dimensions et de la place qu'ils occupent dans la série zoologique; aussi, après avoir insisté sur le rôle, la distribution et le développement relatif des animaux marins, et en particulier des mollusques conchylifères dans les mers actuelles, les lacs et les rivières, ou dans les eaux salées, saumâtres ou douces (*antè*, p. 234-237), il nous reste à montrer que des organismes plus inférieurs occupent une place plus importante encore dans la constitution des sédiments modernes. Comme ces mêmes organismes paraissent n'avoir pas été moins multipliés dans la plupart des périodes géologiques que de nos jours, il est essentiel de se rendre compte des conditions dans lesquelles ils se développent pour parvenir à former, à eux seuls, des roches meubles ou solides d'une grande épaisseur et d'une grande étendue. **Exposition.**

Les constructions élevées par le travail incessant des polypes, pour construire des îles au milieu de l'Océan ou des récifs le long des continents, ont de tout temps attiré vivement l'attention des marins, dont ils entravaient la navigation, en la rendant souvent très-dangereuse, et celle des naturalistes qu'ils intéressaient par la singularité de leur développement. Cependant, jusque il y a 30 ou 35 ans, aucune étude suivie de ces masses calcaires organiques n'avait permis de résoudre les questions si complexes qui se rattachent à leur formation. Ce n'est que par le concours des savants adjoints aux divers voyages de circumnavigation, entrepris dans ces derniers temps, que nous avons acquis de précieuses données sur l'un des phénomènes biologiques les plus curieux de la nature actuelle, et celui qui peut-être se produit sur la plus vaste échelle dans des conditions bien déterminées. Nous nous en occuperons

nous-même avec d'autant plus d'intérêt que l'examen des couches anciennes pourra nous présenter des résultats plus ou moins analogues à ceux dont nous allons parler.

On a vu que la zone torride indo-pacifique, comprenant vers son centre la région super-torride de M. Dana, était la plus grande étendue continue des mers où la température de la surface ne s'abaisse pas au-dessous de 23° 33 cent. C'est aussi la région où se développent avec le plus d'activité et de force les polypes coralligènes, dont les générations successives édifient les massifs rocheux les plus considérables. Aussi sera-ce dans cette vaste étendue que nous les étudierons particulièrement, puisque là seulement nous pourrons, à l'aide d'ingénieuses explications, nous rendre compte d'un des résultats les plus extraordinaires des fonctions vitales chez les animaux inférieurs (1).

Mais nous ferons précéder ce tableau général de l'examen particulier d'un point situé dans l'Atlantique, sur la limite extrême, vers le nord, de la grande zone thermométrique des polypiers, et qui a été l'objet du premier travail suivi, exécuté dans une bonne direction ; nous voulons parler du petit archipel des îles Bermudes, décrit avec soin par M. R. Nelson (2).

Iles Bermudes

« Les Bermudes, dit le savant navigateur, forment un groupe « d'îles comprises dans un espace de 15 milles sur 5, et en- « tourées d'un anneau sub-elliptique de récifs de coraux, qui « a 25 milles de long sur 13 de large. La direction du grand « axe de cette ellipse est N. E., S. O. Le point le plus élevé « est situé à l'ouest d'Harrington et atteint 80 mètres d'alti- « tude. L'aspect des hauteurs est celui de collines de sable, et « leur teinte est celle de la craie. Toutes les îles sont formées « de roches calcaires, résultant de l'agglutination de coquilles

(1) On ne doit pas oublier que tous les polypes construisant des masses, des tiges ou des lames calcaires, soit simples, soit agglomérées, sont exclusivement marins et ne vivent même pas dans les eaux saumâtres.

(2) *Transact. Geol. Soc. of London*, 2ᵉ sér., vol. V, p. 103; 1840. Des extraits de ce mémoire avaient été donnés en 1834. — *Hist. des progrès de la géologie*, vol. I, p. 361; 1847.

« et de polypiers brisés. La roche est tantôt meuble, tantôt « dure, compacte, susceptible de poli, et ses diverses varié« tés sont associées sans aucun ordre de superposition.

« Le fond du bassin, au milieu duquel se trouvent les îles, « consiste en bancs de coraux qui n'affleurent au-dessus de la « basse mer que dans les marées du printemps, et en sable « calcaire associé à du calcaire crayeux semblable à celui qui « forme la roche des îles. Celles-ci sont couvertes d'une terre « rouge, sèche, contenant de la matière végétale, et dont l'é« paisseur est de $0^{m},30$. L'ensablement ou l'obstruction des « passages entre les îles ou dans les ports continue toujours, « et, jusque dans ces derniers temps, on a eu des preuves de « cette action incessante. . . . .

« La *Venus pennsylvanica* paraît être l'une des coquilles les « plus répandues dans ces roches modernes. Un banc qui en « est entièrement formé se voit dans la carrière où l'on a ex« ploité les matériaux de la jetée. A Saint-Georges, ce banc se « continue l'espace de 4 milles avec une épaisseur de $1^{m},60$, « et il est placé à 2 mètres au-dessus de la mer. La *Scu« tella quinqueforis* et le *Turbo pica* y abondent, aussi bien « que dans les couches les plus dures ; et dans ces dernières, « on a trouvé un gros bloc composé de *Meandrina areolata* « avec des *Mytilus*, des Serpules et des Millépores. On a recueilli, « dans les cavernes, des ossements d'oiseaux et même des œufs « enveloppés de carbonate de chaux, ainsi que des *Helix*. Une « boucle de jarretière et une boîte ont été retirées d'un cal« caire dur, situé au fond d'une caverne, et renfermant aussi « la *Scutella quinqueforis*, remplie de carbonate de chaux « comme les précédentes, et l'*Agaricia undata*. En un mot, « cette roche, dans laquelle des os de tortue ont été également « découverts avec toutes les coquilles qui vivent encore sur « les côtes voisines, est une sorte de *coral rag* de 1 mètre à « $1^{m},25$ d'épaisseur et en voie de consolidation progressive.

« Après avoir observé la décomposition des coquilles et des « polypiers, depuis les moins calcarifères jusqu'aux masses de « Méandrines et d'Astrées, non-seulement en place, mais en-

« core dans tout ce qu'ont produit les travaux exécutés sous la « cloche à plongeur pour l'établissement des parapets de l'ar- « senal, M. Nelson n'hésite pas à attribuer à ce qu'il nomme « la *craie des Bermudes* la même origine que les divers bancs « de pierre, plus ou moins solides, qui constituent les îles « elles-mêmes. Seulement, ceux-ci résultent de l'accumulation « de fragments brisés mécaniquement, tandis que la roche ou « pâte crayeuse est due à la destruction, par une longue sub- « mersion, du tissu membraneux qui pénétrait toute la masse « et qui abandonne alors la matière calcaire retenue dans ses « mailles. Celle-ci, en se précipitant, forme cette substance « blanche et tendre, analogue à la craie, qui se trouve au fond « des anses et des golfes, mélangée de sable coquillier, de « beaucoup de polypiers, de coquilles bien conservées et de « masses considérables de Méandrines et d'Astrées. Ces masses, « soit encore intactes, soit dans un état de décomposition plus « ou moins avancé, ont certainement vécu, puis sont mortes « sur les lieux mêmes.

« Les récifs formés par des Serpules sont distincts de ceux « qui sont dus à des polypiers, et les uns comme les autres « constituent une sorte de ceinture autour d'un centre qui est, « ou le sommet d'une roche, ou la base d'une colline.

« La surface ondulée des îles paraît être le résultat du pas- « sage de grandes masses d'eau ; mais les petites chaînes d'îlots, « dont les couches sont presque toujours horizontales, ne se- « raient pas dues au même phénomène, et leurs couches ne « s'étendaient pas au delà de l'espace qu'elles occupent actuel- « lement. Au sud du groupe, les récifs de Serpules sont paral- « lèles à la côte, dont ils s'éloignent à une distance de 50 à « 500 mètres. D'ailleurs, M. Nelson pense que ces îles ont dû « être soumises à plusieurs submersions locales, résultant de « l'influence de volcans éloignés ; mais il n'admet pas qu'elles « aient été soulevées du fond de la mer. Elles ont dû se former « par l'établissement des coraux, au sommet d'un rocher sous- « marin plus ou moins étendu. Les parties mortes depuis long- « temps sont brisées et entassées par les vagues et les vents,

« et ce mode de formation se continue jusqu'à ce que des îles « entières résultent de la réunion de ces couches dues au « concours des forces organiques, chimiques et mécaniques. « Les polypiers, dont les germes sont transportés avec d'autres matières, se fixent indifféremment sur le premier corps « qu'ils trouvent, et, par leur croissance, leur multiplication « et leur mort, contribuent à la stabilité et à la permanence « de la colonie qu'ils ont fondée. »

Recherches de M. Darwin.

Passons actuellement à l'ouvrage le plus complet que nous possédions encore sur les travaux des polypes, considérés au point de vue de l'observation directe et des idées théoriques auxquelles ils ont donné lieu. Nous y rattacherons les recherches dues à d'autres savants et qui ont été faites à peu près dans le même temps. Cet ouvrage est celui qu'a publié M. Ch. Darwin, en 1842, sous le titre de *Structure et distribution des récifs de coraux* (1). L'auteur, qui faisait partie de l'expédition scientifique du vaisseau *le Beagle*, a parcouru et observé, de 1832 à 1834, un grand nombre de groupes d'îles épars dans l'Océan, entre la côte occidentale de l'Amérique du Sud et la côte orientale d'Afrique, et l'examen qu'il a fait en même temps de beaucoup d'îles volcaniques comprises dans le même espace donne un grand poids aux opinions qu'il a émises sur les unes et les autres et à la théorie générale qu'il en a déduite.

On nomme *îles lagouns*, ou, suivant l'expression des habitants de l'Océanie, *atolls*, des îles circulaires ou des groupes d'îles formés exclusivement par les polypiers ou coraux. Les *barrières de récifs*, en anglais *barrier reefs*, sont des récifs ou rochers qui ont la même origine, mais qui entourent des îles ordinaires, ou longent la côte des continents, à une certaine distance en mer, se maintenant au-dessous de son niveau et laissant ainsi un canal plus ou moins profond entre eux et la terre ferme. Les *côtes de récifs* ou *récifs frangés* (*fringing reefs*), toujours peu étendus, bordent immédiatement les côtes au lieu

(1) *The structure and distribution of coral Reefs*, in-8°, avec cartes Londres, 1842.

d'en être séparés par un canal parallèle. Examinons successivement ces trois dispositions particulières qu'affectent les masses de polypiers et voyons quel peut être le principe commun d'où elles dérivent.

Les caractères particuliers des atolls ont de tout temps frappé les navigateurs. Ainsi, dès 1605, François Pyrard, de Laval, disait : « C'est une merveille de voir chacun de ces atollons, « environné d'un grand banc de pierre tout autour, n'y ayant « point d'artifice humain. »

Atolls ou les lagouns.

La fig. 2 ci-dessous peut donner une idée de la forme générale des atolls, quoiqu'ils soient rarement aussi réguliers. Elle représente l'île de la Pentecôte dans le Grand Océan du Sud.

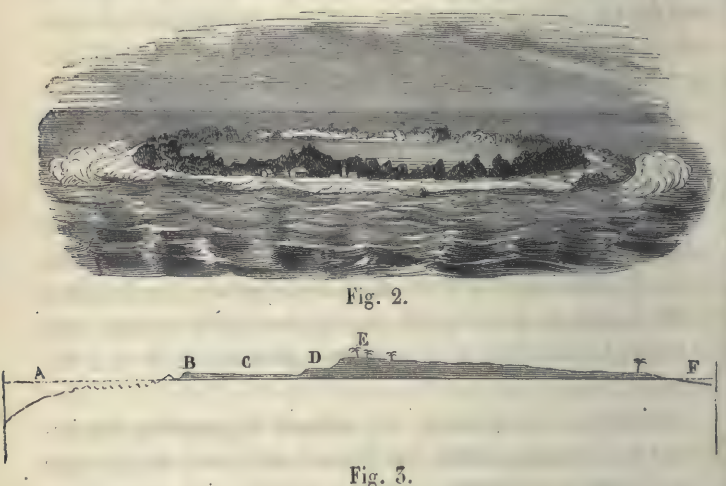


Fig. 2.

Fig. 3.

Dans ce profil de l'atoll des Cocos (fig. 3), situé au sud de Sumatra, la ligne A indique le niveau de la basse mer. En A la profondeur est de 45 mètres et la distance horizontale de ce point au bord du récif B est de 200 mètres. Ce bord, découvert à la basse mer, est une sorte de bourrelet saillant offrant des aspérités semblables à celles que l'on voit plus avant en mer, au-dessous de son niveau. C'est une surface plane formée par la roche de polypiers, et que recouvre la haute mer qui vient battre contre la banquette D composée de fragments de coraux.

A partir de la crête E, dont les fragments meubles ne sont atteints que par les vagues des grandes marées et dont les parties les plus élevées, de 2 à 4 mètres, sont recouvertes de végétation, la surface s'abaisse en pente douce vers la lagune intérieure F, dont l'eau se maintient au niveau de la mer extérieure.

Les polypes ou zoophytes coralligènes doivent être toujours submergés ou recouverts par la lame. Leur exposition directe à la lumière du soleil, même pendant un temps très-court, suffit pour les faire périr ; aussi n'est-ce que lors des très-basses marées que l'on peut atteindre les limites de la zone où ils vivent et par conséquent les observer en place.

Composition de la masse des polypiers.

M. Darwin a trouvé cette partie accessible du récif presque entièrement composée de Porites, constituant de grandes masses irrégulièrement arrondies comme celles des Astrées, de $1^m,20$ à $2^m,40$ de large, sur une épaisseur un peu moindre et séparées les unes des autres par de petits canaux. Le *Millepora complanata* (*Palmipora*, *id.*, Blainv.), moins important, forme des plaques verticales épaisses, se pénétrant réciproquement et produisant une masse alvéolaire dont les feuillets extérieurs sont seuls vivants. D'autres polypiers branchus se montrent en grand nombre dans les cavités des Porites et des Millépores qui seuls peuvent résister au choc violent des vagues.

Profil d'un atoll.

Dans le profil précédent de l'atoll des Cocos on remarquera que le fond, à partir du bord extérieur, s'abaisse doucement jusqu'à une profondeur de 45 mètres ; mais au delà la pente augmente rapidement et atteint bientôt 45°.

De 18 à 22 mètres de profondeur au delà du point que l'on a pu observer directement lors des basses eaux de l'équinoxe, le fond très-inégal paraît être occupé par de grandes masses de polypiers vivants semblables à ceux du bord. Les *Millepora alcicornis* et *corymbosa*, avec une Astrée, forment plus loin le bord extérieur de la bande de récifs. Au-dessous de $36^m,50$ le fond est alternativement composé de sable et de polypiers. A 365, 548, et 658 mètres de distance horizontale de la ligne des brisants on a rencontré des fragments de polypiers non lamel-

lifères; ceux de coquilles étaient rares, et, à la distance de 2200 mètres une sonde de 2134 mètres n'a pas rencontré le fond ; de sorte que la pente du massif couronné de polypiers est plus rapide que celle d'aucun cône volcanique.

Iles parasites.

La largeur totale du récif circulaire ou de l'anneau qui constitue l'atoll varie de 250 à 500 mètres. Sa surface est uniforme ou très-faiblement inclinée vers la lagune intérieure qu'il circonscrit. De petites îles parasites se forment sur les récifs, à 200 ou 300 mètres de leur bord extérieur, par l'accumulation des fragments rejetés pendant les grandes tempêtes. Leur largeur ordinaire est de 400 mètres, et leur longueur, très-variable, atteint quelquefois plusieurs kilomètres. Elles s'élèvent de 2 à 3^{m},25 au-dessus de la haute mer et sont composées de fragments de coquilles, de polypiers, d'oursins, plus ou moins roulés, pénétrés de calcaire spathique et fortement cimentés par la même substance en une roche solide, généralement blanche, çà et là colorée par de l'oxyde de fer, très-dure et sonore sous le choc du marteau.

Lagune.

Le fond de la lagune intérieure qu'entoure le récif est occupé par de la vase ; c'est un véritable champ de coraux vivants et morts, dont les nombreuses espèces, branchues pour la plupart, diffèrent complétement de celles de l'extérieur. Les Méandrines y forment aussi de grandes masses arrondies reposant sur le fond. Parmi les autres polypiers dominent trois espèces voisines des vrais Madrépores, le *Seriatopora subulata*, deux Porites et un polypier voisin des Explanaires, mais ayant des étoiles sur les deux faces de ses lames ou expansions foliacées.

Les récifs intérieurs sur lesquels les polypiers se développent sont irréguliers et caverneux ; ils ne présentent pas, comme les autres, une surface solide, plane, de roche composée de polypiers morts, et leur dureté est moindre. Dans un laps de dix années, un canal qu'on y avait creusé pour le passage d'un petit bâtiment a été presque comblé par l'accroissement des polypiers. Les sédiments de la partie profonde de la lagune, qui offrent d'abord un aspect crayeux, ressemblent à du sable fin, lorsqu'ils sont bien séchés.

Destruction des polypiers.

Les Holoturies se fixent en grand nombre sur les masses de polypiers vivants. Elles sont en telle quantité que beaucoup de navires sont frétés pour la Chine avec des chargements de *Trepang*, qui est une des espèces les plus abondantes. Elles en consomment un grand nombre, et leur action, jointe à celle d'autres animaux, tend à détruire et à désagréger une partie des masses pierreuses qui se réduisent en vase fine, ce qui apporte une limite naturelle à l'accroissement de ces mêmes masses. Cet accroissement pour le remplissage de la lagune est excessivement lent, et les sédiments qui pourraient s'y accumuler sont très-faibles, au milieu d'une eau limpide et loin de toute terre élevée. Cet atoll des Cocos est d'ailleurs de dimensions moyennes et de forme régulière.

Profondeur de la mer autour des atolls.

Cette esquisse de ses caractères peut être appliquée, dit M. Darwin, à presque toutes les îles circulaires de même origine dans l'océan Pacifique et autour desquelles la mer est sans fond, à quelques centaines de mètres des bords des récifs. Néanmoins il cite beaucoup d'exceptions; ainsi, autour des îles Basses tous les sondages ont rencontré des bancs de coraux. Autour de l'atoll de Noël (*Christmas*), décrit par Cook, la pente est également très-faible; aussi la bande qui entoure la lagune a-t-elle une largeur exceptionnelle de 5 kilomètres. Cette bande est composée de terrasses ou de digues successives de coraux et de coquilles brisées comme sur les rivages. Dans les atolls des Maldives et des îles Chagos les sondages ont atteint des sables qui auraient une pente de 55°, mais qui reposaient sans doute sur une roche solide. Dans les îles Basses la pente est beaucoup moindre aux extrémités des atolls les plus allongés que sur leurs parties latérales, ce qui est conforme aux reliefs des chaînes de montagnes ordinaires.

Profondeur de la lagune.

Dans ce dernier archipel la profondeur des lagunes varie de 40 à 76 mètres, et dans le groupe des Marshall de 60 à 70. Dans les atolls des Maldives elle est de 90 et même de 98 mètres; le fond est occupé par un sédiment uniforme, presque horizontal; c'est généralement une sorte de boue crayeuse.

Canaux et portions annulaires du récif.

Rarement il y a plus de 2 ou 3 canaux, s'ouvrant dans la

lagune et assez profonds pour donner passage à un vaisseau. Les grands atolls des Maldives sont remarquables par le nombre de ces canaux. Dans celui de Sudavia, par exemple, on en compte jusqu'à 42. Dans les atolls de la partie nord de l'archipel les portions de récifs qui séparent les canaux, au lieu d'être droites, forment elles-mêmes des anneaux ou atolls secondaires en miniature. Sur la côte de l'atoll Tilla dou Matte, qui a 88 milles de long sur 20 de large, les anneaux du bord sont généralement allongés; plusieurs ont de 3 à 5 milles de diamètre. Ceux de l'intérieur de la lagune sont moindres et la profondeur de la lagune particulière de ces petits récifs annulaires est de 10 à 14 mètres.

Ces anneaux s'élèvent brusquement de la plate-forme ou banc sur lequel ils sont placés. Leur bord extérieur est toujours occupé par des coraux vivants et l'intérieur est une surface plane sur laquelle s'accumulent les fragments avec du sable. En résumé ces petits atolls ressemblent en tout aux grands, si ce n'est qu'ils reposent sur une base peu profonde, et qu'au lieu d'être irrégulièrement disséminés ils sont réunis sur une plate-forme dont les bords sont grossièrement circulaires. Il n'y a point de récifs annulaires lorsque les canaux sont étroits ou peu nombreux. Les polypes, lorsqu'ils agissent librement, auraient donc toujours une tendance à élever leur construction en forme d'anneaux, soit grands soit petits.

Ainsi ces grands atolls des Maldives représentent un vaste disque concave, sableux, s'élevant rapidement d'une mer sans fond, avec un espace central occupé par des bassins ovalaires de rochers madréporiques, et son bord est symétriquement frangé par des masses présentant en petit la même disposition, atteignant la surface de la mer, quelquefois couvertes de végétations et renfermant chacune un petit lac d'eau limpide. On pourrait donc donner à ces grands atolls, qui en comprennent d'autres plus petits, le nom d'*atolls composés*, par opposition aux *atolls simples*, formés d'un seul anneau.

Atolls sous-marins. Dans certains atolls, tels que ceux des Chagos, au sud des Maldives, aucun récif n'atteint la surface de l'eau. Ces îles

forment un groupe composé d'un certain nombre d'atolls ordinaires, de quelques récifs annulaires qui ne sont point surmontés d'îlots et de plusieurs bancs en forme d'atolls tout à fait submergés ou à fleur d'eau. Parmi ces derniers, le grand banc de Chagos proprement dit, dont le profil est représenté fig. 4, est de beaucoup le plus large et diffère de tous les autres par sa structure.

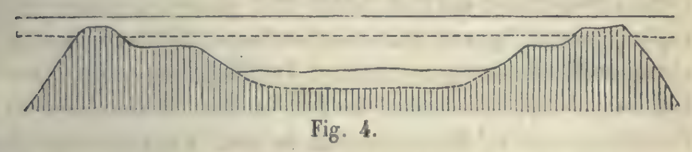


Fig. 4.

Son grand axe est de 90 milles géographiques et le plus petit de 70. Le centre est un fond plat, vaseux, de 80 à 100 mètres de profondeur et entouré de bancs de sable disposés en cercle. Il y a peu de coraux vivants, et ils sont recouverts moyennement sur les bords de 12 mètres d'eau. Le tout est bordé extérieurement par une digue étroite de roche solide dont la pente est très-rapide en dehors, où la profondeur de la mer est inconnue. Ce grand banc de Chagos paraît n'être qu'un atoll à moitié submergé. On ne concevrait point, en effet, qu'une telle disposition se fût formée sous l'eau, tandis qu'il suffit d'abaisser le niveau de la mer jusqu'à la ligne ponctuée pour avoir le profil d'un atoll ordinaire, la ligne ponctuée inférieure représentant l'ancien fond de la lagune.

Dimensions des atolls

Des trente-deux îles qui composent l'archipel des îles Basses, la plus longue a 30 milles et la plus petite à peine un mille. Beaucoup ont une forme allongée, comme l'île de Bow, qui a 30 milles de long sur 6 de large. Dans l'archipel des Marshall plusieurs atolls dépassent ces dimensions. Dans les Maldives il y en a qui atteignent jusqu'à 88 milles géographiques avec une largeur variant de 20 à 9 milles et demi. Dans les Marshall certains atolls sont réunis par une ligne de récifs, comme l'île Mentchicoff, qui a 60 milles de long. La largeur moyenne des récifs annulaires est d'environ 400 mètres.

Barrières de récifs.

Les *barrières de récifs* qui entourent plus ou moins complétement des îles ou longent des portions de continent ont la forme générale et la structure des atolls. Les îles Gambier, d'Oualan (Ualan de la carte) et plusieurs autres montrent qu'au delà du récif qui les environne la mer est sans fond. Sur la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie, le capitaine Kent, à une distance de deux longueurs de vaisseau du récif, n'a pas trouvé le fond avec une sonde de 300 mètres. Les barrières de récifs occuperaient alors les bords d'un plateau à pentes abruptes, comme l'anneau des atolls borde vers le haut les pentes abruptes d'une montagne isolée. A Taïti la largeur du récif est fort irrégulière, mais autour des îles Vanikoro et Gambier elle est très-constante. Ordinairement le récif s'abaisse vers la lagune longitudinale qui le sépare de l'île comme vers la lagune centrale des atolls. Vanikoro présente à cet égard une disposition particulière, le récif se terminant à l'intérieur comme une muraille de 13 à 14 mètres de hauteur. Suivant Chamisso, il en serait de même des atolls des îles Marshall.

Distance des récifs.

Dans l'archipel de la Société la plupart des récifs se trouvent placés à 1 mille ou 1 mille 1/2 de la côte. Les montagnes centrales sont entourées d'un sol plat, souvent marécageux, formé d'une sorte d'alluvion, de 1 à 4 milles de largeur, composée de détritus de polypiers de la lagune, mêlés à des fragments de roches de l'intérieur de l'île. A Hogoleu, dans l'archipel des Carolines, le récif est éloigné des hautes îles qu'il entoure, de 20 milles sur le côté sud, de 5 à l'est et de 14 au nord. La profondeur des lagunes, allongées ou latérales, placées ainsi entre le littoral et le récif, est à peu près la même que celle des lagunes centrales des atolls.

Hauteur et caractères géologiques des îles.

L'élévation des îles, ainsi entourées de récifs, est très-variable. Taïti atteint 2133 mètres au-dessus de la mer, Maurua 243, Aituaki 109, Manouai 15 seulement. La nature minéralogique ou géologique du sol ne l'est pas moins, quoique dans beaucoup de cas il soit volcanique. Quelques îles n'offrent que des roches madréporiques calcaires; d'autres, comme la Nouvelle-Calédonie, sont de roches primaires. Tantôt il n'y a

qu'une seule île entourée de récifs, comme celle d'Eiméo, dans l'archipel de la Société, tantôt il y en a deux comprises dans la même enceinte de polypiers, comme Taha et Raiatea. Le récif de Gambier entoure 4 îles principales et plusieurs petites. Enfin, celui d'Hogoleu circonscrit une douzaine de petites îles éparses dans une grande lagune intérieure.

Étendue du récif.

Quant à l'étendue en longueur des barrières de récifs, M. Darwin cite celle de la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie, qui a 400 milles de long, celle de la côte orientale de l'Australie, qui se prolonge, presque sans interruption, sur 1000 milles, ou 400 lieues, se maintenant à 20, 30, 50 et 60 milles de distance de la côte. Le bras de mer qui la sépare de celle-ci est de 20 à 50 mètres de profondeur et son fond est de sable. En dehors du récif les eaux sont, au contraire, très-profondes.

Récifs frangés.

Les *récifs frangés* ou *côtes de récifs*, qui bordent immédiatement une île ou une portion d'île, pourraient être confondus avec les barrières de récifs, s'ils n'en différaient que par leur moindre largeur ; mais cette circonstance, qu'ils bordent immédiatement la côte, au lieu d'en être séparés par un canal ou lagune plus ou moins profonde et continue, prouve qu'ils sont en rapport direct avec la pente du sol sous-marin, et leur donne un caractère tout à fait distinctif des barrières.

« En avant et autour des récifs, dit M. Couthouy (1), on observe parfois une succession de terrasses ou plateaux dont le plus extérieur est à 22 ou 27 mètres de profondeur et même davantage; sa largeur varie de 30 à 50 mètres. Il incline vers la haute mer et bientôt on ne trouve plus le fond. C'est sur ces terrasses et sur le bord le plus élevé que les coraux sont le plus nombreux, le plus variés et présentent les couleurs les plus vives. Ce sont des amas de groupes orangés, violets, rouges, cramoisis, verts, pourpres, blancs, jaunes, mélangés confusément, de 5 à 7 mètres de hauteur, formés de polypiers branchus, comme d'élégants arbrisseaux, ou étendus comme des

(1) *Boston Journ. of Natur. History*, vol. IV, p. 66, 1844.

mousses, comme des lichens, et qui sont parcourus par des milliers de poissons revêtus aussi des couleurs les plus éclatantes. »

Les récifs qui entourent l'île Maurice offrent un bon exemple de récifs frangés. Ils la circonscrivent complétement, excepté sur quelques points où la pente est trop rapide. Les polypiers se trouvent à une certaine distance de la côte, parce que celle-ci est très-plate, et au delà de leur ligne la pente est toujours très-faible. En avant de l'embouchure des rivières et des ruisseaux il y a un étroit passage dépourvu de polypiers. Ces récifs côtiers ont une largeur de 50 à 100 mètres; leur surface est presque unie, dure, rarement découverte à la basse mer.

Autour de l'île Bourbon, les polypiers construisent, sur le fond volcanique et inattaquable par les lames, des mamelons détachés qui, d'après M. Siau (1), s'élèvent à 2 ou 3 mètres et sont le travail de plusieurs générations. Ces mamelons, appelés *pâtés de coraux*, tantôt se joignent, tantôt laissent entre eux des vides qui se remplissent de sable et de gravier. Ces pâtés d'inégales hauteurs, ne constituent qu'un ensemble de monticules entassés, d'une roche grise, compacte, très-dure, que le choc des vagues ne peut entamer.

Les récifs côtiers existent le long du littoral oriental de l'Afrique et du Brésil, et leur dimension, comme leur structure, dépend du plus ou moins d'inclinaison du sol sous-marin et de l'impossibilité où sont les polypes de vivre au delà d'une profondeur déterminée; d'où il résulte que lorsque les eaux sont très-profondes, comme dans le golfe Persique et l'archipel des Indes orientales, les récifs ne sont plus continus, mais épars çà et là à des distances plus ou moins considérables.

Les polypiers croissent plus vigoureusement en dehors qu'en dedans des récifs; ceux-ci sont plus élevés au bord externe qu'au bord interne, ce qui leur donne une certaine ressem-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* vol. XII, p. 770, 1841.

blance avec les atolls, dont ils diffèrent d'ailleurs sous tous les autres rapports.

Distribution des récifs et conditions de leur développement.

Les îles Bermudes, par 33° lat. N., sont le point le plus éloigné de l'équateur où les récifs paraissent exister, et leur présence à cette latitude a même été attribuée à l'influence du Gulf-stream. Dans l'océan Pacifique, les îles de Loo-choo, situées par 27° lat., au nord-est de l'île Formose, ont des récifs sur leurs côtes, et il y a un atoll au nord-ouest de l'archipel des Sandwich par 28°30 lat. N. Dans la mer Rouge, les récifs se développent par 30° lat. N.

Dans l'hémisphère sud, les polypiers ne s'écartent pas autant des mers équatoriales, car on n'en connaît pas au delà des tropiques. Cependant les îles Houtmans Abrolhos, sur la côte occidentale de l'Australie, par 29° lat., sont formées de zoophytes.

Suivant M. Dana, les récifs sont compris entre 28° lat. N. et S. Cependant il y en a, près de Madère, à Porto-Santo, où la température descend en hiver 14°,44. Sur la côte occidentale de l'Amérique, la zone des coraux est réduite à 16° de lat. en largeur, et sur celle d'Afrique à 12 degrés, tandis que dans le milieu de l'océan Pacifique la zone a 56 degrés de large, et elle en a 64 de la côte d'Asie à celle de la Nouvelle-Hollande.

Les courants extra-tropicaux, comme ceux des îles Gallapagos, se trouvent sur les côtes occidentales des deux continents, au nord et au sud de l'équateur, et les courants inter-tropicaux peuvent être tracés de même sur les côtes orientales; aussi la zone des coraux est-elle resserrée sur la côte ouest et plus élargie sur la côte opposée. La distribution si irrégulière en apparence des coraux et des îles qu'ils forment résulterait seulement de la disposition des courants chauds et des courants froids.

Le voisinage des roches volcaniques, regardé comme favorable au développement des polypiers, ne paraît pas être une circonstance aussi importante qu'on le pensait, car nulle part les bancs de coraux ne sont aussi développés que le long des côtes de la Nouvelle-Calédonie et du nord-est de l'Australie, où les roches appartiennent au terrain primaire. En outre, les plus grands atolls, tels que les îles Maldives, Chagos, Marshall, Gil-

bert et les îles Basses, ne laissent voir d'autres roches que celles que constituent les polypiers eux-mêmes.

M. Darwin fait remarquer que toute la côte occidentale de l'Amérique, au nord et au sud de l'équateur, de même que les îles Gallapagos, n'offre point de bancs de polypiers, malgré l'élévation de la température. Dans le voisinage de ces dernières îles, du 16 septembre au 20 octobre, la température a varié de 14° 44 à 20°; cet abaissement serait dû au courant froid méridional qui longe la côte d'Amérique et qui maintient l'eau à 15° 56 au lieu de 18° 89. La température moyenne de l'eau de la mer, autour des îles Basses et des atolls de Taïti, quoique plus éloignée de l'équateur, s'est trouvée de 25°, la plus faible ayant été 24° 44; de sorte qu'une différence de 5° dans la température moyenne et une de 10° dans les températures extrêmes suffisent pour empêcher le développement des polypiers qui construisent les récifs.

Partout où la température ne s'abaisse pas au-dessous de 24° 44, suivant M. Couthouy, les polypiers peuvent se développer dans la Polynésie, mais on voit qu'ils s'étendent en réalité bien au delà ; ainsi les Astrées de la baie de Port-Jackson y sont dans des eaux plus profondes, dont la température, entre 15° et 20°, est inférieure à celle de l'Océan où abondent les récifs. Cette dernière n'est évaluée qu'à 18° 89 par M. Dana, comme on l'a vu, au lieu de 24° 44. Mais il est probable qu'il y a ici quelque erreur d'interprétation.

La proximité des volcans en activité ne nuit point à l'existence des récifs, puisqu'on en observe sur les côtes de l'île d'Hawaï, l'une des îles Sandwich. Toute la côte occidentale de l'Afrique est au contraire sans récifs, et il en est de même des îles Sainte-Hélène, de l'Ascension, du Cap Vert, de Saint-Paul, de Fernando-Norona, quoique formées de roches volcaniques semblables à celles de l'océan Pacifique. On vient de voir en outre qu'il y en avait à Madère.

Les Bermudes sont les seules îles madréporiques de tout le centre de l'océan Atlantique, circonstance que l'on ne peut attribuer à l'absence du carbonate de chaux, puisque sur les

côtes de l'île de l'Ascension des couches de cette nature se forment journellement.

M. Hovey (1) a décrit les récifs de coraux qui forment une ceinture autour de l'île Sainte-Croix. Il en est de même autour de Cuba où les bancs sont interrompus çà et là par des canaux qui permettent aux navires d'entrer dans les ports. Le calcaire est également abondant à Santiago et aux îles du Cap-Vert, où il constitue des couches tertiaires soulevées.

La disposition des lignes isocrymes de M. Dana pourrait très-bien rendre compte de l'absence des récifs de polypiers sur les côtes occidentales de l'Afrique, par le peu de largeur de la zone torride, et il en serait de même de la côte occidentale de l'Amérique ; mais on s'explique moins aisément leur absence dans la partie centrale et sud de la province zoologique caraïbéenne, qui a une si grande largeur et que parcourt de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E. l'équateur de chaleur. On doit y supposer des conditions orographiques peu favorables du sol sous-marin et l'absence des phénomènes dynamiques qui semblent concourir aux résultats observés ailleurs.

Nous avons dit que les Holoturies et certains grands poissons se nourrissaient des parties les plus tendres des polypiers ; les polypes se nourrissent, à leur tour, d'autres organismes plus petits, dont la diminution ou la disparition, par une cause quelconque, peut amener celle des coraux eux-mêmes. Les conditions qui déterminent par conséquent la formation des récifs sur certaines côtes peuvent être très-complexes et tout à fait inexplicables dans l'état de nos connaissances, et des changements dans les conditions des mers, inappréciables pour nous, pourraient détruire tous les récifs de coraux d'un certain espace et les faire apparaître dans un autre, sans que nous puissions assigner la cause de ces changements.

Accroissement des polypiers. On a déjà dit que la partie du récif la plus favorable à l'accroissement des polypiers était son bord extérieur, que les vagues battent constamment. Les coraux vivants ne forment point ail-

(1) *Amer. Journ.* de Silliman, vol. XXXV, p. 64, 1838.

leurs de masses solides un peu considérables. C'est là que se trouvent les Astrées, les Porites, les Millépores, etc. MM. Quoy et Gaymard avaient émis des doutes à cet égard, mais il est certain que les plus grandes masses fleurissent là où elles sont le plus exposées aux flots.

Les fonds de sable mouvant sont défavorables aux polypiers, et les sables mélangés de vase apportée de l'intérieur des terres par les cours d'eau sont plus nuisibles encore que l'eau douce à leur développement. Aussi les voit-on former deux murs abruptes de chaque côté du canal dont le fond est vaseux.

On a vu comment les principales espèces de polypiers étaient disposées dans l'atoll des Cocos; à l'île Maurice, le genre Madrépore est dominant, et au-dessous de la zone des coraux massifs est un lit de Sériatopores.

On n'avait sur l'accroissement des polypiers que des données assez vagues et incomplètes lorsque le savant, aux recherches duquel nous empruntons ces détails, reconnut que la proportion de ce même accroissement dépendait à la fois des espèces qui construisent les récifs et de diverses circonstances accessoires. Il cite particulièrement les expériences directes de M. Allan, qui a planté des polypiers sur la côte orientale de Madagascar et qui a pu observer leur développement pendant une partie de l'année. Il déduit des faits nombreux qu'il a constatés lui-même et de ceux qu'il a recueillis : 1° que des masses de rochers, d'une épaisseur considérable, ont été certainement formées dans la période actuelle par l'accroissement successif des polypiers et l'accumulation de leurs détritus ; 2° que l'augmentation individuelle ou particulière de chaque polypier, comme celui des récifs, à la fois en dehors ou horizontalement et en hauteur, dans des conditions favorables, est assez rapide lorsqu'on le compare aux oscillations du niveau de la croûte terrestre ou à une mesure de temps plus précise, mais moins considérable, comme le nombre des années.

La proportion ordinaire de l'accroissement des madrépores

branchus ne dépasse pas, dit M. Dana (1), un pouce et demi par an, et, comme leurs rameaux sont écartés, cela ne ferait pas plus de 1/2 pouce d'épaisseur de masse solide sur toute la surface couverte par le madrépore. Par suite de leur porosité même, cette quantité se réduit à 3/8 d'un pouce de matière compacte.

Il faut remarquer, en outre, que de grands espaces en sont dépourvus; les sables provenant de la partie détruite des polypiers sont entraînés ou disséminés par les courants dans les grandes profondeurs où il n'y a pas de polypiers vivants, et la surface occupée par ceux-ci n'est pas de plus de 1/6 de toute la région coralligène, ce qui réduit les 3/8 précédents à 1/16. Les coquilles et les autres débris organiques peuvent entrer pour 1/4 dans la production totale par rapport aux polypiers; de sorte que, tout considéré, l'accroissement moyen d'un récif ne doit pas dépasser annuellement 1/8 de pouce. Quelques récifs ayant jusqu'à 608 mètres d'épaisseur (2000 pieds), celle-ci, à raison de 1/8 de pouce ou 3 millimètres par an, aurait exigé, pour se former, un laps de 192000 ans.

A West-Key, au sud-ouest du cap méridional de la Floride, M. E. B. Hunt (2) a observé sur un fond de $3^m,50$ d'eau, qui avait été nettoyé en 1846, une Méandrine qui, dans l'espace de 11 années, avait atteint un rayon de 6 pouces ou $0^m,15$, et une forme sphérique, ce qui donnerait $\frac{6}{11}$ de pouce par an. Si l'on évalue à 1/3 la porosité du polypier, on arrive à un accroissement de la masse solide de $\frac{4}{11}$ de pouce, quantité presque égale à celle de 3/8 déduite ci-dessus. Une Oculine a crû à la même place, en 12 ans, de 9 pouces de haut sur 12 de large, ou 3/4 de pouce par an.

Profondeurs auxquelles vivent les polypiers.

Sur les côtes de l'île Maurice, le bord du récif est formé de *Madrepora corymbosa* et *pocilifera*, qui descendent jusqu'à 16 et 30 mètres avec deux espèces d'Astrées; à la partie inférieure est le banc de Sériatopores (*S. subulata affinis*). De 30 à 40 mètres, le fond est de sable et couvert de Sériatopores; à

(1) *Manual of Geology*, p. 591; 1863.
(2) Dana, *loc. cit.*, p. 752.

40 mètres, on a rencontré des fragments de Madrépores et peut-être le *M. pocilifera*, qui vivrait ainsi depuis la surface jusqu'à ce point. Entre 40 et 66 mètres, le fond était de sable, et la sonde rapportait de grandes caryophyllées. A 172 mètres de profondeur et à une distance horizontale d'une demi-lieue du récif, le fond était de sable calcaire avec des cailloux de roches volcaniques. Dans ces mers, les bancs de coraux ne se forment pas au delà de 40 mètres.

Suivant MM. Quoy et Gaymard, les Astrées, qu'ils considèrent comme constituant le plus de récifs, ne vivent pas au delà de 8 à 10 mètres. Le *Millepora alcicornis* s'étend de la surface à 24 mètres ; les Madrépores et les Sériatopores jusqu'à 40. Le *Sideropora scabra* (*Porites*, *id.*, Lam.) vit à 34 mètres. Des masses considérables de Méandrines ont été ramenées de 32 mètres sur les bancs de Bahama, et M. Couthouy en cite jusqu'à 40 mètres. Une Caryophyllie a été retirée de 160 mètres par 33° lat. S. Mais c'est le seul genre de polypier lamellifère qui, suivant l'auteur, s'étendrait au delà des tropiques. Ainsi on en a rencontré par 60° lat. N., et dans l'hémisphère sud, dans les eaux profondes qui entourent la Terre-de-Feu. On a vu que dans la Méditerranée trois Turbinoliens avaient été trouvés vivants à plus de 2000 mètres.

Parmi les polypiers qui ne forment pas de récifs solides, M. Darwin cite les Cellaires trouvées à 380 mètres, les Gorgones à 320, le corail à 200, les Rétépores de 80 à 200 ; les Escares, qui, comme les précédents, sont des bryozoaires, vivent à 60 mètres ; les Millépores de 60 à 188, les Cellépores à 80, les Sertulaires à 80, les Tubulipores à 188; de sorte que tous ces genres vivent à de plus grandes profondeurs que ceux qui forment des récifs, et les conditions de température et de lumière nécessaires à leur existence sont comprises dans des limites beaucoup plus variées et plus étendues.

Suivant M. Dana (1), toutes les espèces qui forment des récifs : les Madrépores, les Millépores, les Porites, les Astrées, les

(3) *Ibid.*, p. 619.

Méandrines, ne croissent pas au delà de 35 mètres de profondeur ; les Dendrophyllies et quelques autres genres qui descendent plus bas contribuent peu à leur formation. Les polypes ne vivent point d'ailleurs dans l'intérieur de la masse; il n'y a que la partie extérieure qui soit réellement vivante et sur une très-faible épaisseur. Les Porites et quelques espèces d'Astrées, de Madrépores et de Pocillopores semblent continuer à vivre un peu au-dessus du niveau des basses marées, et, contrairement à ce qu'avait cru M. Darwin, peuvent supporter, sans en être incommodés, l'impression directe de la lumière solaire.

M. Dana (1) estime aussi l'épaisseur des récifs de polypiers plus grande qu'on ne l'avait crue. Ainsi, à trois quarts de mille de distance de l'île Clermont-Tonnerre, le récif fut encore constaté à 600 mètres de profondeur. A la distance de 7 milles, une sonde de 1800 mètres ne toucha pas le fond. Autour des îles Gambier, le récif a 360 mètres d'épaisseur, à Taïti, 76, autour des îles Fidji, de 600 à 900 mètres.

Polypiers de la mer Rouge.

Les polypiers qui forment des récifs dans la mer Rouge ont été l'objet d'études particulières de la part de MM. Ehrenberg et Hemprich. De 1823 à 1825 ces savants ont visité 150 localités différentes de ce long golfe et réuni 110 espèces de polypiers, dont 2 seulement se retrouveraient dans la Méditerranée, sur la côte la plus voisine de celle de la Libye.

Distribution générale.

La mer Rouge diffère des autres mers intérieures et de l'Atlantique en ce que toutes ses côtes sont bordées de rochers plats, presque toujours à fleur d'eau. Ces bancs sont recouverts de polypiers, disposés d'une manière continue, le long du littoral ou sur des lignes parallèles. C'est sur la côte arabique, de Tor à Comfuda, qu'abondent surtout les polypiers. Dans la partie la plus profonde de la mer, entre Djedda, sur la côte d'Asie, et Cosséir, sur celle d'Afrique, ils ne forment point de bancs, et il en est de même dans tous les endroits où les eaux ont une grande profondeur, tandis que les points peu profonds en présentent beaucoup. L'abondance des coraux sur la côte

(1) *Ibid.*, p. 621.

d'Arabie s'accorde avec une plus grande quantité d'îles de ce côté et avec les preuves plus nombreuses aussi d'éruptions volcaniques, qui manquent de Cosséir à Massava.

Les bancs de polypiers se maintiennent entre 1 et 4 mètres au-dessous de la surface de l'eau, et, au lieu d'être un peu plus élevés du côté extérieur ou le plus exposé à la lame, on les voit souvent s'abaisser en pente douce du côté de la mer. Les polypes n'élèvent d'ailleurs ni atolls ni barrières de récifs au-dessus des eaux. Près du bord extérieur du banc de zoophytes, la profondeur de la mer est de 200 mètres et même davantage. Ces bancs, non toujours contigus à la côte, forment souvent, à une distance de plusieurs milles, des bandes étroites et parallèles.

Substratum. La forme des récifs résulte de la constitution géologique de la côte et du fond. Partout où cette base a pu être atteinte, M. Ehrenberg a reconnu qu'elle consistait, soit en produits volcaniques soit en un calcaire très-dur, quelquefois poreux et tendre, évidemment composé de fragments d'animaux marins agglutinés, mais distincts des coquilles et des coraux qui vivent au-dessus. Les îles volcaniques peu élevées de Ketumbul, de Hakel et de Gebel-Taer, vers le sud de la mer Rouge, sont entourées de coraux. Les bancs de polypiers qui recouvrent la surface de toutes les roches, depuis le milieu du golfe de Suez, sont composés surtout de Madrépores, de Rétépores, de Millépores, d'Astrées, de *Favia*, de Caryophyllies, de Méandrines, de Pocillopores, de *Stephanocora*, avec une multitude de coquilles, de Fungies, d'Holoturies, d'Actinies, d'annélides, etc.

Conclusions. Les conclusions de M. Ehrenberg, relativement au mode de formation et à l'accroissement des bancs de polypiers dans la mer Rouge, diffèrent essentiellement de celles que MM. Nelson, Darwin, Couthouy et Dana ont présentées pour ceux des grandes mers du globe.

En effet, d'après le savant zoologiste de Berlin, il n'y aurait pas de masses formées par l'accroissement graduel de diverses générations les unes sur les autres, dépassant la hauteur qu'une branche seule de la même espèce pourrait atteindre. « Presque toujours, dit-il, en écartant les branches de coraux,

on trouve le calcaire solide qui constitue la base des montagnes et de la plupart des îles. L'accroissement des bancs serait plutôt le résultat du travail de l'animal en particulier et de sa famille que de la superposition de couches successives dues à plusieurs générations. De même que les plantes et les bois morts, les polypiers n'augmentent pas la masse de toute leur hauteur, comme si de nouveaux animaux croissaient sur les anciens, mais seulement de quelques pieds de détritus qui représentent à la fois des milliers d'années écoulées et des milliers de générations éteintes. » D'après cette manière de voir, les polypiers contribueraient en quelque sorte davantage à protéger et à couvrir les îles qu'à les élever et à les étendre.

De plus, les coraux vivants ne se développeraient pas au milieu des branches ou parmi d'autres coraux vivants, et cette répulsion, ajoute M. Ehrenberg, serait opposée à cette opinion que nous venons de voir soutenue par d'éminents naturalistes, que des générations accumulées constituent les îles de l'océan Indien, car rien de semblable n'a lieu dans la mer Rouge. Aucune de ses îles ne serait dans une période d'accroissement réel ; toutes, au contraire, tendent à se détruire, et les coraux par leur revêtement les protégent contre cette dégradation. Les bancs de polypiers ne sont que l'agrégation de masses détruites après la mort des animaux ; de sorte que dans ce bassin on ne pourrait constater nulle part que le travail des polypes ait relevé le fond, obstrué des passes, etc.

Si maintenant nous comparons l'immensité de l'espace que comprennent les recherches des naturalistes et des navigateurs français, anglais et américains, la variété des circonstances qu'ils ont pu apprécier, depuis la côte orientale de l'Afrique jusqu'aux plages du nouveau monde, la grandeur de l'échelle sur laquelle s'y opère la construction des récifs et l'énergie vitale dont paraissent être doués ces milliards de petits animaux luttant sans cesse contre les flots d'un océan sans bornes et sans fond ; si l'on compare, disons-nous, ces diverses circonstances avec celles du petit bassin resserré de la mer Rouge, on sera porté à regarder les résultats de ces dernières comme une

exception locale, plutôt que comme la règle, exception que la disposition des lieux expliquerait très-bien, ainsi que la différence des espèces.

Récifs de la Floride.

Les récifs de polypiers de la Floride diffèrent entièrement aussi, suivant M. Agassiz (1), de ceux du Grand Océan. Ils constituent plusieurs lignes parallèles, disposées entre la terre ferme de la presqu'île et le Gulf-stream. Ils sont dirigés à l'ouest, vers le golfe du Mexique, et les principaux, occupés par les polypiers vivants, sont situés entre les Keys et le Gulf-stream lui-même. D'autres dépôts de sable fin et de vase s'accumulent autour des Keys, ou entre ces îlots et la terre ferme par l'action des marées et des courants. On a donc, à partir de la côte, un canal peu profond, quelquefois de quelques mètres seulement, puis la ligne des îlots ou Keys élevés de 3, 4 ou 5 mètres au-dessus de la mer, enfin au delà le récif principal. Ce dernier, du cap Floride à West-Key, présente des polypiers vivants jusqu'à une profondeur de 30 à 35 mètres. Les plus rapprochés de la surface sont les Madrépores (*M. palmata*), dont les branches étendues, palmées et entrelacées dans toutes les directions, ne descendent pas à plus de 3 ou 4 mètres; au-dessous vivent les Méandrines et plus bas encore les Astrées.

Lorsqu'un récif a atteint son maximum de hauteur ou le niveau de la mer, des matériaux meubles s'accumulent au-dessus de gros blocs de polypiers, rejetés par les vagues, et sont réduits en fragments, en sable ou en gravier qui se déposent en couches plus ou moins régulières, souvent présentant les caractères d'une stratification torrentielle très-compliquée, dont les éléments sont cimentés ensuite en une roche solide et compacte par des infiltrations de carbonate de chaux. Lorsque les matériaux réunis sont en gros fragments la roche constitue une brèche, mais lorsque la cimentation ne s'exerce que sur les petits fragments réduits en grains, on a un calcaire d'aspect oolithique. En outre, des lits minces ou des veines de calcaire compacte

(1) *Proceed. of the amer. assoc. for the advancement of science*, p. 81. *Fifth meet.*, Washington, 1851.

s'observent dans les masses à structure oolithique, et l'on voit une sorte d'encroûtement superficiel revêtant toutes les roches, suivant leurs inégalités et qui ne peut se former que dans les tempêtes, ou lors des grandes marées, mais non sous une nappe d'eau permanente. Les roches oolithiques, bréchoïdes ou compactes de West-Key paraissent être d'ailleurs assez rares dans les grands récifs de l'océan Pacifique.

D'innombrables coquilles perforantes, et des vers marins non moins abondants, qui s'établissent dans les parties mortes, contribuent aussi beaucoup à la destruction des masses de polypiers qui ont atteint la surface.

La circonstance que les principaux Keys et la côte même de la Floride, formés successivement, s'élèvent à la même hauteur au-dessus du niveau de la mer, prouverait, suivant M. Agassiz, que le sol sur lequel repose le grand récif placé en avant n'a éprouvé aucun changement de niveau. L'uniformité des autres îlots de la même région, par rapport à la surface de la mer, établit également que, dans toute son étendue, elle a été stationnaire depuis que les polypiers ont commencé à croître sous cette latitude.

L'origine de la ligne courbe que suit le récif autour de la pointe méridionale de la Floride, sur une longueur de 120 milles, a été attribuée, par le capitaine Hunt (1), au transport des sables de polypiers provenant des récifs de l'est et entraînés par le courant du Labrador. Cette barrière aurait alors la même cause que les sables siliceux accumulés plus au nord, sur la côte d'Amérique, et dont nous parlerons ci-après. Entre ce récif et la côte de la presqu'île, un fond de sable pur composé de débris de polypiers a été atteint à 40 mètres, et il ne serait pas impossible qu'un abaissement ait contribué à ce résultat.

Quant à une distribution plus générale des polypiers dans les mers actuelles, M. Dana l'a résumée de la manière suivante, dans son important travail sur la structure et la classification des zoophytes, publié en 1846 (p. 319). Les espèces appar- **Distribution générale des polypier dans les mers actuelles.**

(1) *In* Dana, *Manual of Geology*, appendix F, p. 752, 1863.

tenant aux familles des Astrées, des Madrépores et des Gemmipores sont, à peu d'exceptions près, limitées aux mers de coraux et ne descendent pas au delà de 40 mètres de profondeur. Les caryophyllidées s'étendent de l'équateur à la zone froide, et quelques espèces descendent à des profondeurs de 400 mètres et même davantage. Les alcyoniens parcourent une aussi grande étendue et remontent probablement plus haut encore, vers les pôles, comme nous l'avons vu précédemment pour l'*Alcyonum arboreum*, dans la zone la plus basse de l'océan Arctique. Les *Hydroideæ*, que l'on rencontre de l'équateur aux régions polaires, abondent particulièrement dans les zones tempérées.

Les coraux sont en outre distribués suivant certains centres ou lieux particuliers. Les espèces des Indes occidentales ou de la mer des Antilles sont propres à ces régions, et aucune d'entre elles ne peut être indentifiée avec celles des Indes orientales et de l'océan Pacifique. Les parties centrales de ce dernier semblent avoir aussi leurs espèces particulières, et l'on peut établir comme un fait général, dit M. Dana, que beaucoup de polypiers se trouvent limités, dans leur développement, à de petites étendues. Sur 306 espèces recueillies dans les Indes orientales et l'océan Pacifique, 27 seulement sont communes aux deux mers, et il n'y en aurait aucune entre le Grand-Océan et l'Atlantique.

Carte générale de M. Darwin.

Nous ne pouvons mieux résumer la distribution géographique des îles et des récifs de polypiers qu'en mettant sous les yeux du lecteur une traduction exacte de la carte, si intéressante et si originale à la fois, que M. Darwin a jointe à son ouvrage et dont il a bien voulu autoriser spécialement la reproduction (voy. ci-après pl. 3). On y voit, en effet, représentés, par des teintes différentes, les îles lagouns ou atolls, les barrières de récifs et les récifs frangés, ce qui permet de se rendre compte immédiatement de l'importance relative de ces diverses manifestations du même phénomène. C'était aussi une idée heureuse que de réunir dans un même cadre et de mettre, en quelque sorte, en regard une grande partie des produits les plus re-

marquables des forces physiques internes du globe, représentés par les volcans en activité, et ceux de ses forces organiques externes, représentés par les constructions des polypes (1).

Caractères des roches.

L'examen minéralogique et chimique des produits calcaires des polypes y a fait reconnaître, par M. Dana, de la magnésie, sous forme de carbonate, et en assez forte proportion pour qu'il leur attribuât l'origine de beaucoup de calcaires magnésiens. Il y a aussi reconnu de l'acide phosphorique dans la proportion de 9 à 10 0/0, du phosphate de chaux sous forme d'apatite, du fluor en plus grande quantité que l'acide posphorique, de la silice à l'état soluble, probablement uni à la chaux et découverte par M. Silliman.

La roche de polypiers qui constitue les récifs est un calcaire blanc, solide, à grain fin, souvent aussi compacte que certains calcaires marbres secondaires, à cassure conchoïde ou esquilleuse et sonore sous le marteau. Par places, c'est un conglomérat ou une brèche composée de petits fragments de polypiers, fortement cimentés par du carbonate de chaux. Quelquefois on n'y aperçoit point de traces de corps organisés, si ce n'est quelques coquilles empâtées çà et là dans la roche. Enfin, celle-ci est aussi composée de polypiers en place, dont les intervalles sont remplis par les fragments de ceux qui ont été détruits.

L'extérieur d'une île de coraux, sur quelques centaines de mètres de largeur, est la seule partie propre à leur accroissement; tout le reste se compose de portions mortes. Des sables, des détritus de coquilles et de polypiers agglutinés contribuent encore à la formation des récifs. Des bancs de sable et de gravier, assez étendus, bordent les côtes dans l'espace compris entre les marées, ou bien, poussés par les vagues et les vents, ils peuvent former sur le littoral de petites collines de 20 à 25 mètres de hauteur, de la même manière que se forment les dunes de nos côtes. Les sables résultant des détritus de po-

(1) Nous devons renvoyer à l'ouvrage lui même pour une plus ample explication de cette carte, et particulièrement au chap. VI, p. 119, et à l'*Appendix*, p. 151.

lypiers constituent des pointes avancées dans la mer, tandis que la partie des polypiers réduite à l'état de boue ou de vase fine s'observe dans les lagunes peu profondes où les eaux sont peu agitées.

Un fait remarquable est l'absence presque totale de restes organiques reconnaissables dans beaucoup de parties de ces récifs. Les sables accumulés au-dessus d'eux sont également sans fossiles. Dans une seule circonstance les détritus de polypiers se sont présentés sous l'aspect de véritable craie (Darwin, *Ile d'Houden*).

La cimentation du sable provenant de la destruction des polypiers, le long de la côte et au-dessus du niveau de la mer, s'observe dans tous les récifs et c'est le procédé général de la nature pour former les roches solides que nous voyons constituer ces massifs.

Théorie de la formation des récifs

Les conditions particulières qui ont dû produire et produisent encore de nos jours les caractères singuliers des *atolls*, des *barrières* et des *récifs ordinaires* de polypiers, ont préoccupé tous les navigateurs aussi bien que les naturalistes qui les ont étudiés dans ces derniers temps, et ils ont cherché à se rendre compte surtout de la contradiction apparente que leur accroissement continu semble présenter avec la nécessité des circonstances indispensables à leur existence.

De l'extrémité orientale des îles Basses à l'extrémité nord-ouest des îles Marshall, c'est-à-dire sur un espace de plus de 4000 milles de long sur 200 à 300 de large, l'archipel des Carolines, qui a 480 milles sur 100, enfin, ceux des Maldives, des Laquedives et des Chagos, formant ensemble une chaîne de 1500 milles de long, toute cette immense surface de l'océan Pacifique et de l'océan Indien, disons-nous, ne renferme que d'innombrables îles dont aucune ne dépasse la hauteur à laquelle les actions combinées des vagues et des vents peuvent accumuler des matières solides. Sur quels fondements alors ces récifs et ces îles de coraux ont-ils été construits? Car on conçoit qu'au-dessous de chaque atoll ces fondements devaient, dans l'origine, se trouver nécessairement à une profondeur

déterminée, indispensable au développement des polypiers coralligènes.

Les formes et les dimensions d'un grand nombre d'atolls ne permettent pas à M. Darwin de leur assigner pour base un cratère de volcan, ni d'admettre cette explication de Chamisso, que les espèces de polypiers les plus considérables par les dimensions qu'elles atteignent, préférant l'effet du ressac des vagues, les parties extérieures d'un récif, en s'élevant d'une base sous-marine, doivent atteindre les premières la surface et former par conséquent un anneau avec une dépression centrale.

Suivant le célèbre voyageur anglais, la plupart des grands atolls doivent reposer sur la roche même. Mais, peut-on admettre, continue-t-il, que de larges sommets de montagnes existent sous chaque atoll, précisément à la même profondeur, sur des étendues aussi considérables, sans qu'aucun de ces sommets s'élève au-dessus de l'eau? Où trouverait-on, en effet, à la surface des continents une chaîne de quelques centaines de milles seulement, dont tous les sommets ne différeraient que de 40 ou 60 mètres? La difficulté resterait d'ailleurs à peu près la même si l'on supposait que les polypiers pussent vivre à une plus grande profondeur.

On vient de dire que dans la mer Rouge, suivant M. Ehrenberg, lorsque des récifs sont soulevés, les parties saillantes sont aussitôt détruites par les vagues, ce qui se conçoit par la nature même des polypiers; mais il ne peut en être ainsi pour la base des atolls, car le soulèvement et la destruction d'une île encroûtée de coraux donnerait lieu à une surface plane ou légèrement bombée et non à une surface profondément concave, et l'on apercevrait sur quelques points la roche fondamentale, comme cela a précisément lieu dans la mer Rouge.

Pour résoudre cette difficulté, M. Darwin suppose que la base des atolls a été amenée à la position exigée pour le développement des polypiers par suite d'abaissements. Pendant cet enfoncement graduel, les polypes se sont trouvés dans des circonstances favorables à la construction des bancs, et attei-

gnaient la surface au fur et à mesure que chaque île disparaissait. Les coraux continuant à croître au-dessus maintenaient ainsi en apparence le même niveau relatif de la masse. On conçoit alors que des espaces très-considérables, dans les parties centrales et les plus profondes des mers soumises à cette action, soient remplis d'îlots madréporiques dont aucun ne s'élèverait plus haut que ne peuvent être portés les détritus amoncelés par les vagues, et néanmoins ils auraient été formés par des coraux qui exigeaient absolument pour vivre un fond solide et une faible profondeur d'eau. Quant aux preuves directes de l'abaissement, elles seraient, on le conçoit, bien difficiles à trouver, si ce n'est dans des pays depuis longtemps civilisés, ce qui précisément n'a pas lieu dans ces divers archipels, et cela d'autant plus qu'il s'agit d'un mouvement qui tend à faire disparaître les points sur lesquels il s'exerce.

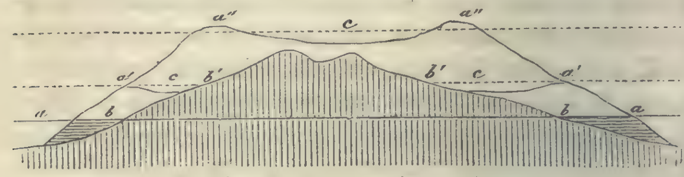


Fig. 5. — Ile ancienne ou substratum.

aa. Bord extérieur du récif primitif au niveau de la mer. — *bb.* Côtes de l'île dans le même temps. — *a'a'.* Bord extérieur du récif après son élévation, résultant de l'accroissement des polypiers pendant une période d'abaissement. — *cc.* Lagune ou canal entre le récif et les côtes de l'île entourée de nouveau. — *b'b'.* Nouvelles côtes de l'île. — *a"a".* Bords extérieurs du récif formant actuellement un atoll. — *c'.* Lagune de l'atoll nouvellement formé.

En partant de simples récifs frangés *aa* dont la disposition s'explique d'elle-même, puisqu'ils reposent sur la roche qu constitue une île ancienne servant de base ou substratum, on voit que si l'on suppose l'abaissement graduel dont nous avons parlé, il arrivera un moment où, d'après les principes exposés, la largeur du récif permettra la formation des lagunes latérales ou canaux *cc*, parce que la barrière *a'a'* sera constituée par les détritus des masses de polypiers rejetés par les vagues, qui formeront ainsi une digue plus ou moins continue. Celle-ci, après la complète disparition du sommet de l'île représentée

dans la figure par des hachures verticales, constituera l'anneau du nouvel atoll $a''a''$, de même que les canaux réunis formeront la lagune centrale au-dessus du sommet c' de cette même île.

Pour donner une représentation graphique exacte du phénomène, il aurait fallu que les trois phases que nous avons choisies pour fixer les idées fussent coordonnées à côté l'une de l'autre, par rapport au niveau de la mer supposé constant; la nécessité de les exprimer par une seule figure a obligé de les représenter l'une au-dessus de l'autre, et par conséquent de faire changer le niveau de la mer. Il faut donc renverser, par la pensée, le sens direct de la figure et admettre que c'est le sol de l'île qui s'est abaissé successivement, conformément à ce qu'exige la théorie. D'un autre côté il était plus conforme à la réalité de placer les figures l'une au-dessus de l'autre.

Ainsi ces trois *facies* des récifs de polypiers résultent nécessairement de la transformation successive d'une forme dans l'autre pendant le phénomène de l'abaissement, et si, au lieu d'une île ou d'un point isolé que nous avons supposé dans cet exemple et qui nous a donné en définitive un atoll, nous avions supposé que ce fût la côte d'un continent garni de récifs simples, l'abaissement aurait produit ces immenses barrières madréporiques des côtes de l'Australie, de la Nouvelle-Calédonie, etc., c'est-à-dire qu'il se serait arrêté à la seconde phase du phénomène.

M. Darwin a apporté diverses preuves à l'appui de son hypothèse, non pas des preuves aussi directes, aussi positives que celles qui résulteraient d'observations longtemps continuées avec soin sur un même point, ou justifiées par des mesures géométriques, comme on l'a fait dans d'autres pays pour certaines côtes, mais qui ont du moins un grand caractère de probabilité. Ainsi, il a remarqué que les atolls montrent encore, dans leur disposition générale, la forme ou la direction des terres autour desquelles leur base de polypiers a dû être établie. Dans l'océan Pacifique du Sud, les trois principaux groupes sont dirigés N.-O., S.-E. comme presque toutes les

terres de cette partie du globe; dans celui du Nord, les îles Carolines s'appuient contre les atolls nord-ouest des îles Marshall, de la même manière que la ligne E., O. des îles Céram à la Nouvelle-Bretagne s'appuie à la Nouvelle-Irlande. Dans l'océan Indien, les îles Laquedives et les atolls des Maldives s'étendent presque parallèlement à la chaîne des Ghates. Il y a de plus un grand rapport entre la forme générale et la disposition des atolls et celles des îles ordinaires; tous sont allongés dans le sens des groupes dont ils font partie. Une série d'atolls comme ces archipels serait donc la traduction à la surface des récifs sous-marins qui supportent les atolls eux-mêmes.

D'un autre côté, les récifs frangés ou qui bordent immédiatement les côtes des terres émergées sont restés stationnaires, et même un certain nombre d'entre eux ont été soulevés. A l'île Maurice, à Bourbon, à Timor, à la Nouvelle-Guinée, dans les îles Mariannes, dans l'archipel des Sandwich, etc., il y a eu des soulèvements à une époque récente, comme le prouvent les lits de coquilles modernes portés à des niveaux que la mer n'atteint plus aujourd'hui. L'espace entier qui occupe la mer Rouge aurait éprouvé un mouvement semblable suivi d'un abaissement, et plusieurs des îles des Amis ne sont que d'anciens atolls qui auraient été soumis à des oscillations du même genre.

Distribution comparée des atolls et des barrières de récifs avec les récifs frangés.

Si l'on compare la distribution relative des atolls et des barrières de récifs d'une part avec celle des récifs simples de l'autre, on trouve que les premiers, supposés en rapport ou dus à un abaissement des massifs qui les portent, occupent des espaces gréographiques distincts de ceux des seconds qu'on suppose avoir éprouvé ou éprouver encore des mouvements inverses ou de soulèvement, et qu'ils se trouvent précisément dans la région où existent les volcans en activité.

Ainsi, dit en terminant M. Darwin, cet espace compris entre la côte orientale de l'Afrique et la côte occidentale de l'Amérique nous présente un vaste et magnifique tableau des mouvements que l'écorce terrestre a subis dans cette période si récente de la vie du globe. Nous voyons d'immenses surfaces s'élever avec des matières volcaniques qui s'échappent de toutes parts à tra-

vers les fissures de son enveloppe, tandis que des espaces non moins grands s'abaissent lentement, sans manifestation de produits volcaniques, et nous devons être certains que cet abaissement n'a pas été moins considérable en profondeur qu'en surface, pour avoir enseveli sous les eaux chacune de ces montagnes, au-dessus desquelles les atolls se montrent encore aujourd'hui comme des monuments nouveaux, couronnés de verdure et constatant leur ancienne existence.

Ces vues de M. Darwin ont été adoptées dans leur généralité par les deux naturalistes voyageurs qui, dans ces derniers temps, ont le plus observé cet ordre de phénomènes de notre époque, par MM. Couthouy et Dana, tous deux attachés à l'expédition scientifique américaine de circumnavigation que commandait le capitaine Wilkes. Ces vues, en effet, sont les seules qui peuvent rendre compte du niveau général que présentent les îles de coraux, et, d'un autre côté, il est impossible que les polypiers aient jamais pu construire des bancs à plus de 36 ou 40 mètres au-dessous de la surface des mers. Or, on sait que ces bancs descendent à une beaucoup plus grande profondeur.

En tirant une ligne E.-S.-E. de la Nouvelle-Irlande aux îles de la Société et aux îles Gambier, on trouve au nord, et à quelques exceptions près, dit M. Dana (1), des îles exclusivement madréporiques, tandis qu'au sud, ce sont, en général, des îles basaltiques, élevées, bordées de récifs très-étendus dans le voisinage même de la ligne dont on vient de parler. De plus, les îles placées vers le nord sont fort petites, souvent même elles sont réduites à des points, tandis que près de la ligne elles ont jusqu'à 30 et 40 milles de long.

Conformément à la théorie, les atolls, au fur et à mesure qu'ils s'abaissent, deviennent plus petits, se réduisent à un simple rocher et disparaîtront tout à fait si la proportion de l'abaissement est plus rapide que celle de l'accroissement des polypiers. Or, il y a sous l'équateur un grand espace presque libre, depuis les îles de la Société jusqu'aux Sandwich, d'où

(1) *Amer. Journ.*, vol. XLV, p. 131; 1843.

l'on pourrait induire d'après l'auteur, que le phénomène de l'abaissement y a été plus rapide et de plus longue durée qu'au sud, où les îles sont grandes et nombreuses. L'abaissement se serait manifesté dans l'océan Pacifique du 30° lat. N. au 3° lat. S., et peut-être au delà ; il aurait été plus rapide entre les îles Sandwich et l'équateur, puis, diminuant graduellement d'intensité au S.-O. le long de la ligne précédente E.-S.-E., il n'était déjà plus assez prononcé pour submerger beaucoup de sommets de montagnes, et plus au sud son effet était encore moindre.

Les mers de la côte nord-ouest de la Nouvelle-Hollande nous montrent par leurs récifs un abaissement contemporain, et l'auteur estime à 15 millions de milles carrés l'étendue de l'espace soumis à cet abaissement dans le Grand-Océan et dans quelques parties occidentales des Indes. Il fait observer ensuite que la région du plus grand abaissement est dirigée de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., ainsi que l'avait dit M. Darwin.

Les îles Sandwich, toutes volcaniques, sont disposées suivant leur ancienneté relative probable du N.-O. au S.-E., et c'est en effet vers l'extrémité sud-est du groupe que se trouvent les volcans encore en activité. Dans les îles des Navigateurs, ce serait l'inverse, et peut-être en est-il de même dans les îles de la Société, circonstance en rapport avec le phénomène d'abaissement qui s'est produit dans l'espace intermédiaire.

Date de l'abaissement

L'époque à laquelle ces changements ont eu lieu et celle à laquelle ils ont cessé ne peuvent être déterminées d'une manière précise ; mais diverses considérations portent l'auteur à les regarder comme remontant à la fin de l'époque tertiaire ; peut-être le soulèvement des dépôts de cet âge, le long des Andes et dans l'Amérique du Nord, pourrait-il avoir contre-balancé l'abaissement du lit de l'océan Pacifique. Mais M. Dana semble supposer ici que l'élévation des Andes est un phénomène unique, d'une date très-récente, tandis que l'on pouvait admettre *a priori*, quand même les observations de ces derniers temps ne l'eussent pas surabondamment prouvé, qu'il y a eu dans les Cordillières, comme dans toutes les grandes chaînes,

des soulèvements très-complexes à des époques très-différentes, suivant la même direction, même pendant l'époque tertiaire. Peut-être le mouvement auquel il fait allusion serait-il seulement celui ou l'un de ceux qui ont élevé, le long des côtes du Pérou et du Chili, les dépôts de coquilles modernes à 100, 200 et 300 mètres au-dessus du niveau actuel de l'Océan?

Observations générales.

Les objections faites jusqu'à présent aux vues théoriques que nous venons d'exposer n'ont pas une très-grande force et nous paraissent inutiles à reproduire. Nous ne voyons d'ailleurs aucune nécessité pour que ce qui se manifesterait aujourd'hui, sous des conditions particulières, donnant lieu à ces résultats si singuliers, ait dû se passer de même et occasionner des effets semblables à une époque géologique plus ou moins rapprochée. Il ne s'agit point ici d'une loi générale de la nature, mais de phénomènes particuliers.

Si sur quelques points des mers de l'Europe occidentale il existait, pendant la période jurassique, des îlots madréporiques comparables à ceux des mers équatoriales de nos jours, nous n'en trouvons guère d'exemples dans la période triasique qui l'a précédée, non plus que pendant les périodes crétacée et tertiaire qui l'ont suivie, et l'on peut même dire que les données que nous possédons, sur la distribution et sur les produits des polypiers coralligènes des diverses époques géologiques, n'ont encore constaté, du moins avec certitude, dans aucune formation un développement aussi extraordinaire de roches exclusivement dues à l'action des polypes.

En effet, l'existence de bancs de coraux continus ou de groupes d'îles réunies sur 400 et 500 lieues de long, une largeur de 25 à 30, et une épaisseur connue de 90, 100 mètres et davantage, se présentant avec des caractères généraux toujours comparables du 33° lat. N. au 25° lat. S., sur un espace égal aux trois quarts de la circonférence de la terre, depuis l'île de Madagascar et les côtes voisines de l'Afrique jusqu'aux archipels de la Société, l'existence d'un pareil résultat, disons-nous, semble tenir à un concours de circonstances qui ne s'est pas nécessairement présenté à toutes les époques, mais

qui donne aux produits organiques de nos mers équatoriales un caractère extrêmement remarquable sur lequel nous avons dû insister.

Aussi l'absence de ces récifs, à telle ou telle période de l'histoire de la terre, ne peut-elle, suivant nous, infirmer, comme quelques personnes le prétendent, le raisonnement de M. Darwin, et, jusqu'à ce qu'on propose une hypothèse qui explique mieux des faits aussi extraordinaires, nous accepterons celle-ci, parfaitement compatible avec ce que nous savons de la flexibilité et de la mobilité de l'écorce terrestre.

§ 3. Radiaires, annélides et crustacés.

Dans la classe des radiaires, dont les formes sont si riches et si variées, les débris d'échinides, malgré leur abondance, n'ont qu'une faible importance dans la composition des roches actuelles comme des roches anciennes, sauf quelquefois par l'accumulation des baguettes de Cidaris et des genres voisins. Parmi les stellérides, quelques Astéries ont laissé de nombreux débris ou osselets de leurs rayons dans quelques dépôts tertiaires; mais ce sont les crinoïdes qui, pendant la formation jurassique, pendant le dépôt du muschelkalk, celui du calcaire carbonifère et de quelques sédiments plus anciens, ont joué un rôle presque égal à celui des polypiers de nos jours.

Actuellement, cette famille, qui était l'une des plus fécondes des mers secondaires et intermédiaires, n'est plus représentée que par deux espèces appartenant à deux genres très-différents. La plus remarquable, qui rappelle tout à fait des formes secondaires, particulièrement du lias, est l'*Encrinus caput Medusæ*, Lam., ou *Pentacrinus caput Medusæ*, fort rare jusqu'à présent, et dont le petit nombre des échantillons que l'on connaît dans les collections proviennent tous des mers profondes des Antilles. Quant à la seconde espèce qui constitue le genre *Holopus*, d'Orb., le seul individu connu provient aussi des mêmes

mers ; enfin on sait que le *Phytocrinus europæus*, Thomps., n'est que le jeune âge d'une Comatule.

Les annélides tubicoles telles que les Serpules, ne forment pas de bancs proprement dits, mais apportent souvent des matériaux assez abondants pour la composition des roches sédimentaires.

Quant aux crustacés, ce sont les animaux les plus inférieurs de cette classe, les entomostracés du groupe des Cypridés, qui constituent parfois de véritables couches par l'accumulation de leurs parties solides.

CHAPITRE VI

ORGANISMES INFÉRIEURS

Observations générales.

L'influence des produits de la vie sur la composition et la formation même des dépôts sédimentaires ne s'arrête pas aux animaux déjà si petits qui élèvent les îles et les récifs de polypiers ; en descendant encore dans l'échelle des êtres et suppléant à l'insuffisance de notre vue par le secours de la loupe et du microscope, nous atteignons tout un nouveau monde d'organismes infiniment petits, d'une richesse et d'une variété de formes inimaginables, dont les uns peuplent les eaux marines, les autres les eaux douces et les eaux saumâtres.

Comme dans les classes plus élevées, il y en a qui, composés seulement de parties molles, sont complétement détruits après la mort, tandis qu'un grand nombre, dont les tissus sont revêtus ou consolidés par une substance inorganique, calcaire ou siliceuse, laissent après eux des traces incontestables de leur passage et du rôle qu'ils ont joué dans l'économie de la nature. Ils ne construisent point, à la vérité, de roches solides comme les polypes, mais, par leur prodigieuse multiplication dans toutes les mers, les lacs et les marais et sous toutes les latitudes, ils constituent de véritables dépôts à eux seuls ou entrent comme partie essentielle dans les vases et les sables qui s'accumulent journellement au fond ou sur le bord des eaux.

Mais ici se présente une difficulté que nous n'avions pas en-

core rencontrée, c'est l'absence d'une classification et d'une terminologie qui soient généralement adoptées et suffisamment connues pour n'avoir pas besoin d'explication. Aussi, avant de rapporter ce que les voyageurs et les naturalistes nous apprennent de plus important, croyons-nous nécessaire de dire quelques mots de l'état de la science relativement aux êtres placés à la base de la série organique, soit animale, soit végétale.

Jusque dans ces derniers temps les zoologistes et les botanistes micrographes se sont disputé la possession de certains groupes de formes auxquels ils attribuaient des organes et des fonctions qui les faisaient placer par les uns dans le règne végétal, par les autres dans le règne animal. L'exposition sommaire des principes auxquels nous nous rattachons pour ceux de ces organismes qui nous intéressent est nécessaire afin d'éviter autant que possible au lecteur l'embarras où il se trouverait placé en face de faits présentés, tantôt suivant une opinion, tantôt suivant une autre, sans avoir un point de départ auquel il puisse se reporter. On conçoit d'ailleurs que nous ne puissions pas songer à coordonner tous ces matériaux suivant une méthode naturelle qui est encore à créer, et qu'en outre nous ne puissions pas, dans l'état de la science, accepter des déterminations extrêmement variées et souvent contradictoires.

Nous espérons que cette digression paraîtra d'autant mieux motivée que nous ne connaissons rien qui puisse y suppléer dans les ouvrages de géologie et de paléontologie publiés en France; et, lorsque ce sujet a été traité dans ceux publiés à l'étranger, ce qui d'ailleurs est assez rare, c'est avec une brièveté qui n'est nullement en rapport avec son importance. Nous nous aiderons fréquemment des recherches si spéciales de M. W. B. Carpenter, et nous ferons de nombreux emprunts à son excellent livre intitulé : *Le microscope et ses révélations* (1), d'où nous avons extrait, avec l'assentiment de son éditeur, les figures destinées à éclaircir nos explications.

Cette section se divisera donc en deux parties : dans la pre-

(1) *The Microscope and its revelations*. In-12, 1856.

mière, nous présenterons, sous la forme d'une *Introduction*, les éléments qui servent à établir les distinctions que nous adoptons; dans la seconde, nous énumérerons les *principaux gisements* de corps organisés microscopiques, en nous conformant aux dénominations employées par les auteurs. On comprend que nous ne puissions pas renvoyer à une autre section l'examen des végétaux microscopiques, dont l'histoire se trouve si intimement liée à celle des animaux également les plus inférieurs.

§ 1. Introduction.

La distinction et la détermination des êtres organisés les plus simples, quant à leur classement dans le règne végétal ou dans le règne animal, ont été et sont encore vivement controversées; les caractères sur lesquels elles doivent reposer sont encore discutés, mais nous nous arrêterons aux suivants avec les physiologistes micrographes, qui, dans ces derniers temps, nous semblent avoir fait faire le plus de progrès à cette partie si délicate de la science. Ainsi nous rejetons avec eux le *mouvement* comme étant le signe absolu de la vie animale, et, en nous reportant au principe énoncé au commencement de ce livre, aux résultats chimiques des fonctions comparées des animaux et des végétaux dans l'acte de la nutrition, le plus essentiel de tous dans les phénomènes de la vie, peut-être y trouverons-nous un moyen naturel et tout à fait philosophique de tracer la limite si longtemps cherchée entre les deux règnes.

Les animaux, avons-nous dit, se nourrissent exclusivement de matières organiques déjà formées qu'ils introduisent, d'une manière ou de l'autre, à l'intérieur du corps; les végétaux seuls ont la faculté de se nourrir en absorbant de l'extérieur des substances inorganiques. Si ce principe est absolu, une étude très-attentive du mode de nutrition et de la nature des éléments dont un être organisé s'alimente pourrait donc tou-

jours conduire à sa classification dans l'un ou l'autre règne. Malgré les difficultés d'une pareille recherche sous la lentille du microscope, on est arrivé à reconnaître que les corps qui peuvent être regardés comme les animaux les plus simples, qui ne sont guère composés que d'une masse gélatineuse et auxquels on a donné le nom de *protozoaires*, sont alimentés soit par d'autres protozoaires plus petits, soit par des organismes végétaux les plus simples, désignés sous le nom de *protophytes*, de la même manière que les animaux les plus élevés se nourrissent de la chair des autres animaux ou bien des plantes cryptogames et phanérogames; en même temps, ces protophytes tirent leur nourriture, comme les plantes les plus élevées, des éléments de l'air, et sont caractérisées par le pouvoir de dégager l'oxygène de l'acide carbonique sous l'influence de la lumière solaire.

Cela posé, nous examinerons successivement les plantes inférieures ou *protophytes* et les animaux inférieurs ou *protozoaires*.

La cellule est le point de départ de tous les végétaux, demeurant simple et semblable à elle-même dans les protophytes, se différenciant au contraire de mille manières pour former les divers organes dans les végétaux plus élevés. La cellule se compose d'une enveloppe et d'un liquide contenu dans cette enveloppe. Celle-ci est composée à son tour de deux parties : l'une intérieure, l'utricule primordiale constituée par une substance albuminoïde (oxygène, hydrogène, carbone et azote); l'autre extérieure, plus forte, essentiellement composée de cellulose qui ne contient pas d'azote et est semblable à l'amidon. Le liquide intérieur, plus ou moins coloré, ou *endochrome*, consiste en une couche de substance moins colorée ou protoplasme, en contact avec l'utricule primordiale et en parties ou grains de chlorophylle, disséminés dans toute la masse. **Protophytes.**

Parmi les tribus les plus simples de protophytes, les desmidiacées et surtout les diatomacées sont celles qui doivent nous intéresser le plus. Toutes deux ont été rangées, par M. Ehrenberg et par d'autres naturalistes, avec les animalcules micro-

scopiques, comme les *Palmoglæa*, les *Protococcus*, les *Volvox*, etc., qui doivent aussi rentrer dans le règne végétal.

Desmidiacées. Les desmidiées ou desmidiacées sont de petites plantes de couleur verte, croissant dans les eaux douces, dont les cellules sont généralement indépendantes les unes des autres et revêtues d'une enveloppe cornée. Les fonctions de nutrition et de reproduction de ces corps sont celles des végétaux et non celles des animaux auxquels ont pu seulement les faire rapporter les mouvements du fluide observés dans les *Closterium*, principalement entre la cellulose et l'utricule primordiale, mouvements qui semblent être entretenus par une action ciliaire. Les Desmidiées n'ayant rien dans leur composition qui les fasse résister à une complète destruction après la mort, nous ne nous y arrêterons pas davantage.

Diatomacées. — Caractères généraux. Les diatomées ou diatomacées sont comme les desmidiacées de simples cellules pourvues d'une enveloppe extérieure solide, dans laquelle est comprise une masse d'endochrome dont la couche superficielle semble être consolidée en une sorte d'utricule primordiale. L'enveloppe extérieure est endurcie par la présence de la silice qui est un des caractères les plus prononcés de ce groupe de petits corps. On peut supposer qu'elle imprègne complétement la cellulose. L'endochrome, au lieu d'être d'un vert clair, est brun jaunâtre, couleur due au fer, que ces plantes ont la propriété de s'assimiler aussi et que l'on retrouve même dans les enveloppes siliceuses les moins colorées. L'endochrome, comme dans les autres plantes, est un protoplasme visqueux où flottent les granules de matière colorante. Les parties granulaires de cette masse gélatineuse sont douées d'un mouvement de circulation comme dans les desmidiées.

Les diatomées sont ainsi nommées à cause de la propriété qu'ont les masses qu'elles forment de se diviser facilement en fragments réguliers, bacillaires ou rectangulaires, simples, désignés sous le nom de *frustules* (*fig*. 6 et 7).

L'enveloppe de chacune de ces parties se compose de deux valves ou plaques, ordinairement symétriques, parfaitement ajustées l'une sur l'autre comme les valves d'un mollusque acé-

phale. Chaque valve étant plus ou moins concave, elles laissent entre elles l'espace occupé par la cellule.

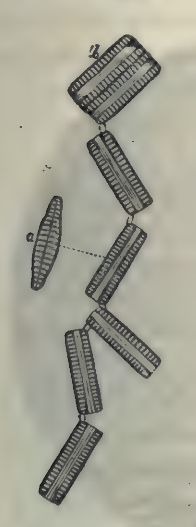
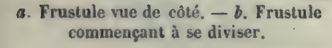


Fig. 6. — *Diatoma vulgare.*



a. Frustule vue de côté. — b. Frustule commençant à se diviser.



Fig. 7. — *Grammatophora serpentina.*

a. Frustule vue de face et de côté. — b,b. Frustule divisée vue de face et par l'extrémité. — c. Frustule commençant à se diviser. — d. Frustule complétement divisée.

Cette cavité présente toutes sortes de formes : carrée, triangulaire, cordiforme, en bateau ou fort allongée, etc. Le long de la suture des valves sont des ouvertures qui mettent l'intérieur en communication avec le liquide ambiant.

M. Carpenter (1) divise l'ordre des diatomacées en deux tribus : la première renfermant celles dont les frustules sont nues, c'est-à-dire ni imbibées de substance gélatineuse, ni enfermées dans un tube membraneux ; la seconde, les formes dont les frustules ont au contraire une enveloppe gélatineuse ou membraneuse.

La division de la première tribu, dans laquelle les frustules sont entièrement discontinues et séparées après leur bissection,

(1) *The Microscope*, etc., p. 315.

comprend un grand nombre de formes discoïdales, fort élégantes, qui semblent constituer un groupe naturel.

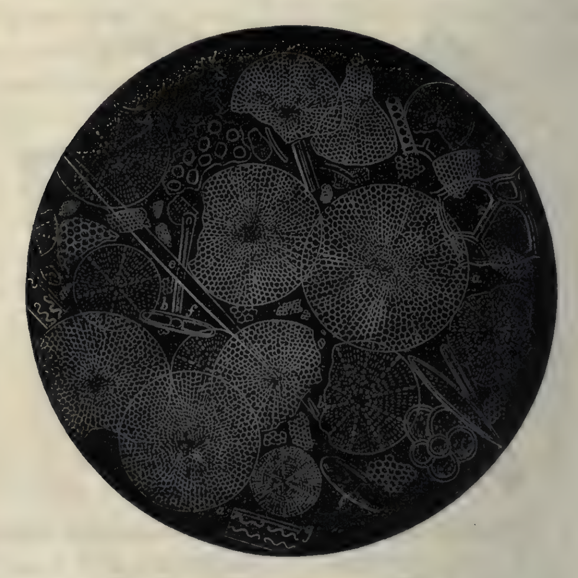


Fig. 8. — Diatomacées, etc., d'Oran.

a,a,a. Coscinodiscus. — *b,b,b. Actinocyclus.* — *c. Dictyochya fibula.* — *d. Lithasteriscus radiatus.* — *e. Spongiolithis acicularis.* — *f,f. Grammatophora parallela* vue de côté. — *g,g. G. angulosa* vue de face.

Le genre *Coscinodiscus* entre autres (*fig.* 8, *a*) est d'un grand intérêt par son abondance dans les dépôts siliceux de Richmond (Virginie), des Bermudes, d'Oran, et du guano. Beaucoup d'espèces sont marines ou d'eau saumâtre, attachées aux herbes ou aux zoophytes. Des espèces rapportées de l'île Melleville paraissent être identiques avec celles de Richmond. Les *Actinocyclus* (*fig.* 8, *b*) genre voisin du précédent, dont les valves sont ondulées au lieu d'être planes, se trouvent aussi dans les terres à fossiles siliceux comme dans les diverses mers du globe et le guano. La terre des Bermudes renferme l'*Heliopelta* et le guano l'*Arachnoidiscus*, deux des formes les plus élégantes par la richesse des détails qu'elles présentent. Les *Triceratium* abondent dans les Bermudes et autres terres

siliceuses, dans l'Océan et les rivières où remonte la marée ; le *T. favus*, l'une des plus grandes espèces, est très-répandu dans la Tamise et d'autres estuaires des côtes d'Angleterre. Le genre *Campylodiscus* a des espèces marines et d'autres d'eau douce. L'une d'elles constitue la terre de Soos, près Ezer, en Bohême.



Fig. 9. — Diatomacées fossiles, etc., de la montagne de Mourne (Irlande).

a,a,a. Gaillonella (Meloseira) procera et *granulata*. — *d,d,d. G. bisèriata* vue de côté. — *b,b. Surirella plicata*. — *c. S. craticula*. — *k. S. caledonica*. — *e. Gomphonema gracile*. — *f. Cocconema fusidium*. — *g. Tabellaria vulgaris*. — *h. Pinnularia dactylus*.— *i. P. nobilis*. — *l. Synedra ulna*.

Le plus grand nombre des *Surirella* (*fig.* 9, *b*, *c*, *k*) habitent les eaux douces et saumâtres, et quelques-unes sont marines. Elles abondent au fond des lacs d'Irlande. Les Navicules et les sous-genres *Pinnularia* et *Pleurosigma* sont caractérisés par la forme allongée et lancéolée de leurs valves. Les *Navicula* et les *Pinnularia* (*fig.* 9, *h*) habitent presque toutes les eaux douces et constituent la plus grande partie des terres dites à *infusoires*, déposées au fond des lacs. Tels sont les schistes à polir de Bilin, en Bohême. Les *Pleurosigma* sont

au contraire presque tous marins ou d'eau saumâtre. Les *Gomphonema* (*fig.* 9, *e*) sont presque exclusivement d'eau douce.

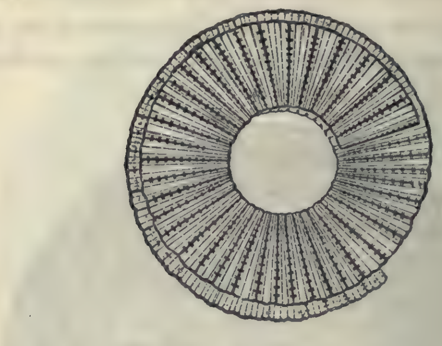


Fig. 10. — *Meridion circulare.*



Fig. 11. — *Bacillaria paradoxa.*

Le *Meridion circulare* (*fig.* 10) forme à lui seul une couche au fond des ruisseaux des environs de West-Point. Aux premiers jours du printemps, il constitue une matière muqueuse ferrugineuse recouvrant les pierres, les branches, les herbes qui occupent le lit de ces cours d'eau. Le *Bacillaria paradoxa* (*fig.* 11), la seule espèce remarquable par le mouvement des frustules glissant les unes sur les autres, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, habite les eaux salées et les eaux saumâtres. Le genre *Diatoma* (*fig.* 6, p. 355), qui donne le nom à tout l'ordre, est le plus simple et celui où la séparation des frustules s'opère le plus facilement. Le genre *Grammatophora* (*fig.* 7, p. 355), voisin du précédent, montre très-difficilement ses stries transverses, et les frustules vues de face sont marquées de bandes particulières, ordinairement sinueuses. Les *Biddulphia* sont exclusivement marines comme les *Isthmia;* les unes et les autres montrent à leur surface une structure aréolaire.

Les *Gaillonella* ou *Meloseira* (*fig.* 9, *a*, p. 357), longtemps rangées parmi les plantes et reportées dans le règne animal par M. Ehrenberg, est un des genres les plus remarquables qui constituent des dépôts, par la propriété très-développée qu'ont ses espèces de s'assimiler une grande quantité de fer, particulièrement la *M. ochracea*, qui se développe dans les marais. On en connaît aussi des espèces marines.

Quant à la seconde tribu des diatomacées, dont les frustules sont enveloppées d'une substance gélatineuse ou membraneuse, elle contient moins de formes intéressantes que la précédente, et ce que nous venons de dire peut suffire pour donner une idée des vrais caractères de ces corps.

Les diatomacées, dit M. W. Smith, dans la monographie qu'il en a donnée, habitent l'eau salée et l'eau douce, mais les espèces de l'une ne se trouvent jamais vivantes dans l'autre. Un certain nombre habitent aussi les eaux saumâtres. Souvent elles y sont très-nombreuses et très-variées, sur les points accidentellement exposés à l'envahissement des eaux salées, tels que les marais voisins de la mer, les deltas où s'effectue le mélange des eaux douces et des eaux salées à l'époque des grandes marées. Un autre habitat favori des diatomacées sont les pierres, les rochers et les cailloux des courants qui descendent des montagnes, les rochers des rapides et les marais peu profonds que laissent les marées à l'embouchure des rivières ; il y en a également dans les fossés le long des chemins, dans les citernes et les puits. Habitat des Diatomacées.

Dans les régions antarctiques, suivant M. W. J. Hooker, ces petits êtres deviennent surtout apparents quand ils sont enveloppés dans la glace nouvellement formée, puis entraînés par myriades dans la mer sur les glaçons et la neige qu'ils revêtent partout de teintes ocracées. Un dépôt vaseux, principalement formé des dépouilles siliceuses de diatomacées, a été reconnu le long des côtes de la Terre Victoria, par 78° latitude S., s'étendant de 60 à 120 mètres de profondeur, sur 400 milles de long et 120 de large, mais sans qu'on puisse avoir une idée exacte de son épaisseur, qui doit être fort grande et s'accroître

indéfiniment, puisque la silice qui la compose ne se détruit pas.

Un fait d'un intérêt particulier, en rapport avec ce dépôt, c'est son prolongement qui recouvre les pentes sous-marines du mont Érebus, volcan en activité, s'élevant à 3769 mètres d'altitude. S'il y avait une communication entre les eaux de l'Océan et l'intérieur du volcan, opinion adoptée par quelques personnes, on aurait une explication toute naturelle de la présence des diatomacées dans les cendres volcaniques, comme nous le dirons ci-après.

L'universalité de cette végétation invisible dans toute la région polaire australe, supplée à l'absence de végétaux élevés; sans elle il n'y aurait pas de nourriture pour les animaux aquatiques, et, en supposant que ceux-ci pussent se maintenir en se suffisant entre eux, les eaux de l'Océan ne pourraient être purgées de l'excès d'acide carbonique qu'y verseraient continuellement la respiration et la décomposition des animaux.

Certaines espèces de diatomacées se retrouvent sous toute les latitudes, depuis le Spitzberg, au nord, jusqu'à la Terre Victoria, au sud, tandis que d'autres sont limitées à des régions particulières. Le gisement le plus singulier de ces corps est sans doute le guano dont les espèces ont dû passer des intestins des poissons, nourriture des Guanaès; dans ceux de ces oiseaux pour être rejetées avec leurs excréments.

On conçoit d'ailleurs que, par l'inaltérabilité de leur enveloppe siliceuse, les diatomacées doivent contribuer à former des dépôts considérables au fond des mers et des lacs de nos jours comme ils en ont fait dans les temps géologiques.

Protozoaires. — Caractères généraux.

Si des protophytes, qui devaient le plus nous intéresser, nous passons actuellement aux protozoaires (Siebold) ou animaux les plus inférieurs, qui ont aussi droit de fixer notre attention, nous verrons dans ceux-ci des mouvements consistant, non plus en de simples vibrations de cils comme chez les plantes, mais dépendant des altérations de la substance contractile du corps entier et ressemblant par conséquent à ceux des animaux élevés. Nous avons dit en outre que les plus simples protozoaires paraissaient être privés de la faculté

de former de la matière organique et dépendaient, pour leur alimentation, d'autres organismes, soit végétaux, soit animaux, dont la substance devait être introduite à l'intérieur, au lieu d'être absorbée par la surface extérieure, comme dans les protophytes; de sorte qu'ici la différence des fonctions physiologiques les plus essentielles permettrait de séparer des corps si semblables à d'autres égards.

C'est ainsi, dit M. Carpenter (1), qu'une cellule de *Protococcus* décompose l'acide carbonique sous l'influence de la lumière, forme de la chlorophylle et les composés de protéine comme les cellules des feuilles des plantes les plus parfaites, tandis que l'*Amæba*, le plus humble des protozoaires, reçoit à l'intérieur et digère des aliments d'origine végétale ou animale et s'en nourrit aussi bien que l'animal pourvu de l'appareil digestif et de circulation le plus complet.

La cellule animale, comparable aussi à celle des plantes à beaucoup d'égards, en diffère par l'absence de l'enveloppe de cellulose que rien ne remplace. La cellule est comprise dans une seule membrane dont la composition albumineuse indique qu'elle correspond à l'utricule primordial. La matière semi-fluide interne ne renferme point de granules de chlorophylle. Comme celle de végétaux, elle se multiplie par des subdivisions. Le *sarcode*, ainsi que l'a nommée Dujardin, est la masse semi-fluide qui forme la base de l'organisme entier.

Classification. — Infusoires. Rhizopodes. Spongiaires.

Parmi ces animaux inférieurs nous n'avons point à nous occuper de ceux qui doivent rester avec les infusoires proprement dits et qui étaient compris dans la division fort hétérogène et si étrangement caractérisée par M. Ehrenberg, sous la dénomination de *polygastriques*. Tels sont les Vorticelles, les Enchélies, les Paramécies, les Kerona, les Trichodes, etc., et il en est de même du groupe plus élevé des Rotifères. Nous n'avons à considérer que les *rhizopodes* (pieds semblables à des racines), désignation sous laquelle certains micrographes réunissent des animaux assez différents, mais que nous res-

(1) *The Microscope*, etc., p. 470.

treindrons tout à l'heure en la ramenant à sa première application. Ils consistent en une masse sarcodique, se prolongeant à l'extérieur en de longs filaments extrêmement déliés, transparents comme du verre filé et appelés *pseudopodes*. La coquille est formée, soit par la consolidation de la partie externe du sarcode, qui s'imprègne d'une substance étrangère minérale, soit, plus rarement, par l'agglutination mécanique de particules de sable très-fin avec une exsudation visqueuse de la surface. La carapace des Arcelles et des Difflugies ressemble assez à l'enveloppe des desmidiacées et d'autres à celle des diatomacées, mais au lieu de cellulose elle montre une substance cornée plus analogue à la *chitine* des insectes.

Nous venons de dire que divers naturalistes comprenaient sous le nom de rhizopodes plusieurs séries de formes presque toutes marines, revêtues d'une enveloppe solide, qui résiste à la décomposition après la mort de l'animal et dont l'accumulation peut former des couches plus ou moins considérables : ce sont 1° les *rhizopodes* proprement dits, ainsi désignés par Dujardin qui le premier les a bien caractérisés; 2° les *éponges*, 3° les *polycystinées*.

Les rhizopodes sont revêtus d'une coquille ou d'une enveloppe calcaire entourant le sarcode et perforée d'un plus ou moins grand nombre d'ouvertures donnant passage aux pseudopodes, d'où le nom de *foraminifères* que leur avait donné, en 1825, Alc. d'Orbigny, qui d'ailleurs n'en soupçonnait pas l'usage, et auquel on doit préférer celui qui exprime plus exactement le caractère général des animaux eux-mêmes. Nous donnons ci-contre (*fig.* 12), d'après M. Carpenter, un dessin de la *Rosalina ornata*, vivante, avec ses pseudopodes étendus; nous avons pris cet exemple parmi les coquilles hélicostègues nautiloïdes, à cause de l'application qu'on en peut faire aux genres fossiles les plus importants. Plusieurs auteurs, tels que Bronn et M. Bailey, ont conservé la dénomination de *polythalames*, qui doit être rejetée comme pouvant contribuer à entretenir l'ancienne erreur que ces corps étaient des coquilles de mollusques céphalopodes.

Les éponges ou *porifères* ont un squelette ordinairement composé d'un réseau de fibres cornées, consolidé par des spicules calcaires ou siliceuses de formes diverses, et la masse molle animale est composée de cellules agrégées, comme celle des Amæba, remplissant les interstices. Enfin les *polycystinées* sont pourvus d'une coquille perforée par de nombreuses ouvertures, mais siliceuse au lieu d'être calcaire.

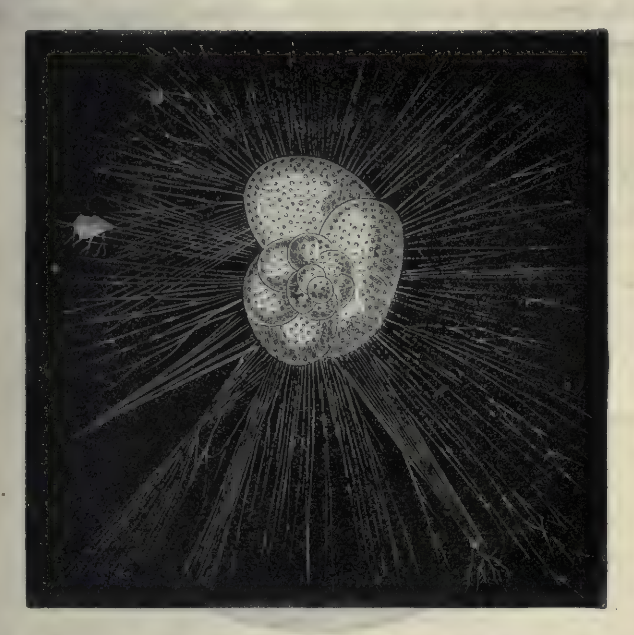


Fig. 12. — *Rosalina ornata*, avec ses pseudopodes étendus.

Nous croyons devoir réserver, dans ce qui suit, le nom de *rhizopodes* aux animaux microscopiques à test calcaire, caractérisés comme ils l'ont été par Dujardin, en 1835, et en séparer complétement les *éponges*. Quant aux *polycystinées*, ce sont des rhizopodes à test siliceux et ce seront les seuls dont nous parlerons en ce moment comme étant les moins généralement connus de ces petits animaux.

D'après les observations récentes de M. Müller, ces très-petites coquilles siliceuses contiennent un sarcode de couleur

brun olive se prolongeant au dehors par des pseudopodes qui ressemblent à ceux des Actinophrys et qui passent par les ouvertures dont la coquille est percée. Celle-ci offre souvent des prolongements spiniformes qui lui donnent l'aspect le plus singulier, comme on peut en juger par la figure ci-dessous représentant des polycistinées mêlées à des diatomacées et à quelques rhizopodes, dans un échantillon de la terre siliceuse de la Barbade (*Podocyrtis*, *Lychnocanium*, *Encyrtidium*, *Dictyospyris*, etc.).



Fig. 13. — Polycystinées fossiles, etc., de la Barbade.

a. Podocyrtis mitra. — b. Rhabdolithus sceptrum. — c. Lychnocanium falciferum. — d. Encyrtidium tubulus. — e. Flustrella concentrica. — f. Lychnocanium lucerna. — g. Encyrtidium elegans. — h. Dictyospyris clathrus. — i. Encyrtidium Mongolfieri. — k. Stephanolithis spinescens. — l. S. nodosa. — m. Lithocyclia ocellus. — n. Cephalolithis sylvina. — o. Podocyrtis cothurnata. — p. Rhabdolithis pipa.

Les polycystinées sont aussi répandues dans la nature que les rhizopodes ou foraminifères, et elles y jouent, en réalité, un rôle tout aussi important; mais elles ont été longtemps méconnues à cause de leur extrême petitesse. Découvertes d'abord par M. Ehrenberg, à Cuxhaven, dans la mer du Nord, on n'a pas

tardé à les retrouver dans les mers antarctiques associées à des rhizopodes et à des diatomacées, à 1800 et 3600 mètres de profondeur. Elles ont été peut-être plus abondantes encore dans les périodes précédentes, comme on peut en juger par la figure ci-jointe, représentant un échantillon du dépôt de la Barbade dont la roche s'étend sur une grande partie de l'île. Il fut découvert, en 1846, par M. Schomburgk, et M. Ehrenberg y a reconnu 282 formes, qu'il considère comme des espèces distinctes, puis 25 diatomacées et rhizopodes, et 54 formes indéterminées (*geolitharia*, *phytolitharia*), en tout 361 formes microscopiques dont plus de 300 étaient inconnues auparavant. Peu de sujets soumis au microscope, dit M. Carpenter (p. 522), sont plus remarquables que la réunion de toutes ces polycystinées de la Barbade, surtout si on les examine éclairées avec une vive lumière et placées sur une surface noire (1).

Les polycystinées ont été trouvées en grande quantité, non-seulement dans les mers froides du Kamtschatka et dans l'Atlantique du Nord, mais aussi dans l'océan Pacifique du Sud, dans l'Atlantique du Sud, dans la Méditerranée et autour des îles Nicobar, où 100 espèces distinctes ont, en partie, leurs analogues dans le dépôt de la Barbade.

§ 2. Gisements principaux (2).

Le sable de tout le littoral des mers, dit Alc. d'Orbigny, est tellement riche en coquilles microscopiques des formes les Rhizopodes.

(1) Voy. la pl. 36 de l'atlas de l'ouvrage de M. Ehrenberg intitulé : *Micro-géologie*; elle est consacrée à représenter le plus grand nombre des formes observées dans les marnes à polycystinées.

(2) Ainsi que nous l'avons dit, nous nous conformerons dans ce qui suit aux dénominations d'*infusoires*, de *polygastriques*, de *phytolitharia*, etc., telles qu'elles sont employées par les divers auteurs et sans y attacher un sens absolu en rapport avec les définitions que nous venons de donner pour fixer les idées d'une manière générale. Une classification systématique fondée sur ces principes eût exigé un travail tout à fait impossible ici.

plus variées et les plus élégantes, que souvent il en est composé pour plus de moitié. Déjà nous avons vu que Plancus en comptait 6000 dans une once de sable de l'Adriatique, et j'en ai trouvé, continue l'auteur que nous venons de citer, jusqu'à 480,000 dans trois grammes de sable choisi provenant des mers des Antilles. Si l'on remarque qu'il en est de même sur la plupart des côtes, on reconnaîtra qu'aucune autre série d'êtres organisés n'est comparable à celle-ci. Ces corps, dont beaucoup n'ont que 1/2 ou 1/6 de millimètre de diamètre, constituent une grande partie des bancs de sable qui gênent la navigation, obstruent les golfes, les détroits et comblent les ports, comme celui d'Alexandrie. Ce rôle, que les rhizopodes jouent dans les mers actuelles, ils l'ont également rempli dans la plupart des périodes géologiques.

Des nombreux genres établis par Alc. d'Orbigny, parmi les rhizopodes ou ses foraminifères, 13 seulement n'existent pas à l'état fossile. Ils ne sont pas d'ailleurs distribués aujourd'hui indifféremment dans toutes les mers. Certains genres sont propres aux régions chaudes, d'autres aux régions froides, et chaque espèce est généralement cantonnée dans des régions particulières. Des 68 genres qui ont des représentants dans les mers actuelles, l'auteur avait distingué environ 1000 espèces, dont il mentionne 575 dans la zone torride, 350 dans les zones tempérées et 75 seulement dans les zones froides, de sorte que pour ces petits organismes, comme pour les plus élevés, ils seraient d'autant plus nombreux et variés dans leurs formes spécifiques que les mers où ils vivent sont plus chaudes (1).

Organismes divers. — Nord de l'Allemagne. et bords de la Baltique.

Les animaux microscopiques marins remontent dans le bassin de l'Elbe jusqu'au-dessus de Hambourg, et en général aussi loin que la marée. Suivant M. Ehrenberg (2), l'encom-

(1) Ces nombres, empruntés à l'ouvrage d'Alc. d'Orbigny intitulé : *Foraminifères fossiles du bassin de Vienne,* sont plus élevés que ceux que l'auteur a mis dans le *Dictionnaire universel d'histoire naturelle,* vol. V, p. 662-671, et dans le *Cours de géologie,* etc., vol. II, p. 189.

(2) Acad. de Berlin, 1843.

brement du lit inférieur de ce fleuve est dû au mélange de l'eau salée et de l'eau douce qui occasionne en cet endroit la mort des animaux marins, dont les dépouilles s'accumulent en prodigieuse quantité. La terre des marais qui avoisinent l'embouchure est le résultat de la même action, et souvent le test des coquilles est mélangé de sable siliceux plus ou moins fin.

Beaucoup de ces formes si abondantes sur les côtes, dans le sol cultivé et les marais le long de la mer du Nord, de même que sur son fond, manquent cependant sur les bords de la Baltique, dont le bassin ne semble pas avoir eu anciennement de communication plus directe avec l'Océan qu'il n'en a aujourd'hui. Plusieurs de ces formes du Nord se retrouvent, au contraire, dans les vases marines et les rivières des environs de Liverpool et de Dublin. Un certain nombre d'entre elles existent aussi dans la Méditerranée, quoique, en général, les formes de cette dernière soient très-distinctes.

Les recherches de M. Ehrenberg sur les infusoires siliceux, tant marins que d'eau douce, ont ouvert un vaste champ d'études intéressantes, bien peu cultivées avant lui, et surtout dans une direction aussi utile à la paléontologie. Ses découvertes avaient porté d'abord sur ceux des dépôts antérieurs à notre époque, mais il n'a pas tardé à les étendre au sol, pour ainsi dire, vivant, sur lequel repose la ville de Berlin et ensuite au delà.

Environs de Berlin.

Une tourbe argileuse, qui se trouve à 7 mètres environ au-dessous de la capitale de la Prusse et à $2^{m},50$ au-dessous du niveau de la Sprée, est remplie d'infusoires vivants. Des Gaillonelles ont été rencontrées jusqu'à 20 mètres plus bas. Les cellules étaient remplies de globules verts et ces petits êtres n'étaient ainsi en contact avec l'oxygène de l'air que par l'intermédiaire de l'eau qui pénètre la tourbe (1). Les Navicules y affectent des mouvements spontanés plus lents que celles qui

(1) M. Ehrenberg, il faut se le rappeler, prenait ces Gaillonelles pour des animaux, et les grains verts de chlorophylle pour des œufs. Il en est de même des Navicules.

habitent la surface du sol. Le plus grand nombre des formes de la couche souterraine ne se montrent ni près de Berlin ni dans la Baltique, mais on les retrouve près de Plieger, dans les couches à infusoires fossiles qui alternent avec des lignites et des grès. La présence dans cette même tourbe des spicules siliceuses d'éponges indiquerait une origine marine que, d'un autre côté, ces corps vivants ne permettent pas de ranger ailleurs que dans l'époque moderne.

Environs de Lunebourg, de Wismar, de Pillau, de Swinemunde, etc.

Dans le pays de Lunebourg, dit ailleurs le même savant, une couche composée de débris d'infusoires, dont un grand nombre vit encore, n'a pas moins de 14 mètres d'épaisseur. Elle semble, il est vrai, résulter plutôt d'un dépôt de source que d'un sédiment fluviatile ou lacustre.

A Wismar il se serait déposé, dans l'espace d'un siècle, avec le *schlam* ou vase des ports et de l'embouchure des rivières, 64,800 mètres cubes de corps organisés microscopiques siliceux, ou 648 mètres par an. Dans les ensablements de Pillau, également sur la Baltique, il se sépare chaque année des eaux courantes 7200 à 14,400 mètres cubes de ces mêmes organismes, et, dans un siècle, de 720,000 à 1,440,000 mètres cubes.

On doit donc reconnaître que le schlam des ports, de même que l'accumulation et la fertilité du limon du Nil, et sans doute tous les dépôts fluviatiles, ne proviennent pas seulement de la destruction et du transport mécanique des parties solides de la surface désagrégée du sol, mais encore de l'activité vitale si remarquable productrice d'organismes non discernables à la vue simple. Ainsi, en 1839, on a retiré du bassin du port de Swinemunde, à l'embouchure de l'Oder, 2,592,000 et, en 1840, 1,728,000 pieds cubes de matières vaseuses, et la moitié ou le tiers au moins de ce volume se composait d'organismes microscopiques. La vase de la Vistule, près de Dantzig, le limon du Nil, de l'Islande, du Labrador, du Spitzberg même renferment des organismes vivants qui composent depuis 1/10 jusqu'à 1/2 de la masse sédimentaire.

Dans presque tous les marais du Jutland, de la Hollande, de

la Flandre et de l'Angleterre on trouve, à 5 ou 10 mètres de profondeur, un limon noir, de $0^{m},30$ à $0^{m},60$ d'épaisseur, composé de débris de plantes marines, de *Fucus*, de *Zostera*, avec 21 espèces d'animaux microscopiques marins tant siliceux que calcaires. Dans les marais du Holstein, M. Ehrenberg signale 34 espèces, presque toutes vivantes, dans la mer du Nord.

On doit à M. P. Harting (1) des recherches curieuses sur les rhizopodes et les diatomacées de la Hollande et qu'on observe dans les vases apportées par les rivières ou dans les boues marines. Tous les dépôts qui se forment encore, soit dans les eaux douces, soit dans les eaux salées, renferment, à l'état vivant, les espèces trouvées à l'état fossile. Tous les foraminifères ont été observés dans les localités où certainement la mer avait accès. Les diatomacées se trouvent, au contraire, dans les vases d'eau douce, à l'exception de la *Navicella lamprocampa*, qui existe également dans l'eau salée. Là où il y a un mélange d'eau de la mer avec l'eau de la rivière, comme dans la Meuse, à Schiedam, jusqu'où remonte le flux, on trouve à la fois des formes marines et d'eau douce. L'auteur mentionne 15 espèces de rhizopodes et 87 diatomacées. Celles-ci forment, au-dessous de la ville même d'Amsterdam, une couche de 2 mètres d'épaisseur, à la profondeur de $37^{m},52$, mais appartenant sans doute à l'époque quaternaire. Hollande.

Une substance, désignée sous le nom de *Ouate naturelle*, a été observée au mois d'août 1839, près de Sabor, en Silésie, après un débordement de l'Oder. Cette masse, qui avait plusieurs centaines de pieds carrés, était composée de *Conferva rivularis*, de *Navicularia* avec beaucoup de *Fragillaria*, en tout 15 espèces. La substance contenait surtout du charbon, une grande quantité de silice et de carbonate de chaux.

Des vases de la mer Noire et du Bosphore, recueillies par Localités diverses.

(1) *Bull. Soc. géol. de France*. 2ᵉ série, vol. XI, p. 34-35 ; 1853. — *Voy.* aussi un ouvrage de M. Harting : *De Magt van het Kleine Zigtbaar*, etc. Utrecht, 1849, p. 201.

M. Kock, ont présenté à M. Ehrenberg 49 formes organiques différentes. C'étaient 31 polygastriques à test siliceux, 9 *phytolitharia* et 9 rhizopodes à test calcaire. Parmi les polygastriques, 12 seulement étaient marins et fort abondants.

Une foule de polygastriques siliceux ont été reconnus dans les eaux qu'a prises le capitaine Ross sous les glaces du pôle antarctique, de même que dans celles des mers tropicales. Les coquilles microscopiques auxquelles la Caroline du Sud doit, en partie, son existence, vivent encore, dit M. Bailey, le long de la côte, remplissant les ports et formant des atterrissements. La vase dont se compose le fond du port de Charleston est complétement formée de rhizopodes calcaires et d'infusoires siliceux.

Répartition générale.

De 1839 à 1849, M. Ehrenberg a publié une multitude de recherches sur la distribution des infusoires vivant dans les diverses parties du globe, dans les eaux douces comme dans les eaux salées, dans les sources thermales et ordinaires, et il a fait voir l'identité d'un grand nombre d'entre eux dans les formations tertiaires et même secondaires. Nous puiserons dans ces publications les résultats suivants.

Les formes organiques microscopiques des grandes îles de l'Australie et de la Nouvelle-Hollande présentent moins de particularités qu'on n'aurait pu s'y attendre, d'après les caractères si remarquables des animaux supérieurs qui les habitent. Un seul genre nouveau y a été reconnu. Les autres se montrent dans les diverses parties du globe, de sorte que la vie dans ses produits les plus inférieurs se manifesterait de la même manière sur tous les points de la terre, offrant ainsi une uniformité de distribution géographique qu'on ne rencontre point dans les autres classes.

Dans toutes les zones, sous tous les climats, dans les parties basses du sol et les plus grandes profondeurs de l'Océan, comme sur les montagnes, jusqu'à 3000 mètres d'altitude, dans les Nilgherries de l'Inde et sur le plateau de Mexico, les parties les plus ténues des sédiments et de la terre végétale montrent une exubérance remarquable et constante d'êtres microscopiques animaux et végétaux.

La planche 35[b] de la *Microgéologie* de M. Ehrenberg (1) nous fait connaître les formes des organismes microscopiques qui s'élèvent, dans les Alpes, jusqu'à 3200 et même 3600 mètres d'altitude, et celles qui ont été ramenées de 4450 mètres de profondeur au-dessous du niveau des mers, montrant ainsi que ces formes peuvent vivre sur une échelle verticale de 8 kilomètres, faculté qu'on ne retrouve dans aucune autre classe des deux règnes.

L'organisme microscopique de l'Europe est si voisin de celui des autres parties du globe, qu'on n'y observe point de familles ni d'ordres particuliers. Les formes appartiennent toutes aux infusoires siliceux (diatomacées et peut-être polycystinées? végétaux et animaux). On trouve en outre partout, dans le sol et dans les couches calcaires, une multitude de petits fragments siliceux ou calcaires provenant d'animaux et de végétaux (*geolitharia*, *phytolitharia*, etc.), affectant des caractères semblables, quelles que soient la faune et la flore du pays.

Quelques genres cependant, peu nombreux à la vérité, sont propres à certaines localités, tandis que beaucoup d'espèces, restreintes à quelques régions, appartiennent à des genres qui affectent une grande extension géographique. Certaines espèces d'*Eunotia*, par exemple, n'ont encore été observées qu'en Suède, en Finlande, dans le nord de l'Amérique, depuis New-York jusqu'au Labrador. Des espèces de ce même genre et de *Ximantidium* se montrent seulement sur les côtes méridionales de l'Asie, au Sénégal et à Cayenne. Le genre *Tetragramma* n'a été observé qu'en Libye et dans les îles des Larrons.

On peut se faire une idée de cette distribution géographique des formes microscopiques de nos jours en étudiant la planche 35[a] du magnifique atlas de M. Ehrenberg que nous avons déjà cité. On y voit représentées des formes provenant du fond de la mer autour des îles Cockburn, de Kerguelen, de la Terre-de-Feu, de l'île Melleville, des alluvions du Mississipi, du Yantfe-Kiang, du Nil, du Rhin, du Gange, des côtes de l'île d'Elbe,

(1) *Zur Mikrogeologie.* 2 vol. in-f° avec 40 pl. Berlin, 1854.

du Groenland, du Spitzberg, des glaces des mers boréales et australes et du fond de ces dernières.

Organismes microscopiques des volcans.

Mais une application plus curieuse encore de ces recherches, et que l'on était loin de prévoir, est venue établir un lien resté jusqu'alors inaperçu entre les produits des phénomènes ignés et ceux qui ont lieu sous les eaux. Les conclusions auxquelles le savant micrographe de Berlin est arrivé sont les suivantes :

L'observation microscopique fait connaître l'existence de masses d'infusoires qui ont éprouvé l'action du feu ou ont été frittées. Dans les gisements qui ont subi cette action, tels que ceux qui sont restés à l'état de schistes à polir (*Polischiefer*), on ne trouve aucune trace de pollen de conifères ni de corps carbonisables, qui ailleurs y sont fréquemment mélangés.

Dans d'autres masses apportées des profondeurs des volcans, on trouve des corps organisés microscopiques qui, comme ceux de la moya de Quito, au Pérou, renferment des débris de plantes imparfaitement carbonisés, ou bien qui sont dans un état complet de carbonisation, comme dans les ponces et les tufas. Toutes les ponces ne sont cependant pas constituées par des êtres organisés, et celles qui en présentent n'auraient conservé le caractère des petits tests cellulaires siliceux qu'en l'absence du mélange d'un fondant assez énergique pour les faire passer à l'état vitreux. La ponce qui a cette origine présente des cellules fines et arrondies.

Près d'un grand nombre de volcans qui rejettent ou ont rejeté des ponces, il y a des gisements considérables d'infusoires désignés sous le nom impropre de *terre à porcelaine* et sous ceux de cendres volcaniques, de schistes à polir (*Kieselguhr*, *Saugschiefer* (1)), de demi-opale, de porphyre désagrégé, etc., dont les éléments ont été apportés de grandes profondeurs par l'action des volcans. Des roches phonolithiques se trouvent aussi en relation avec des animalcules à test siliceux.

Une circonstance bien remarquable, ajoute M. Ehrenberg,

(1) *Voy.* pl. 3 et 4 de l'atlas de l'ouvrage de M, Ehrenberg : *Microgéologie.*

c'est que dans tous les cas, d'ailleurs fort nombreux, que nous connaissons en Europe, en Asie, en Afrique et en Amérique, où les organismes microscopiques peuvent avoir exercé ou exercent encore une influence directe sur les volcans, ils appartiennent, une seule localité exceptée dans la Patagonie, aux formes d'eau douce, ce qui autoriserait à penser que des masses de tourbe et de vase des marais ont été englouties dans l'intérieur de ces volcans, y ont été frittées et rejetées ensuite sous forme de tufas, de ponces, de trass, etc.

L'île de l'Ascension, continue l'auteur, dépourvue d'arbres et de sources, offre un énorme amas de cendres volcaniques presque entièrement composées de débris organiques. Ce sont, pour la plupart, des portions fibreuses de plantes, beaucoup de denticules marginales de graminées mélangées d'infusoires siliceux de formes exclusivement d'eau douce (diatomacées?).

Lors de l'éruption de l'Hekla, en Islande, le 2 septembre 1845, les cendres volcaniques furent portées, par les courants aériens, jusque sur les îles Shetland et Orcades. Dans le trajet il en tomba sur le pont et les voiles d'un vaisseau danois, *l'Helena*, à 9 heures du matin, par un vent de nord-ouest et à la distance de 535 milles du volcan. Ces cendres avaient dû parcourir 46 milles à l'heure, et, soumises à l'examen microscopique, elles montrèrent, parmi des fragments de substances minérales ressemblant à du verre pilé très-fin, d'un brun vert foncé et qui étaient peut-être de l'obsidienne, des carapaces d'infusoires siliceux (*Navicella silicula*, *Cocconneis*, etc.), des *phytolitharia* siliceux et 2 corps combustibles.

Ces formes étant toutes d'eau douce ou terrestres ne permettent pas de croire qu'elles aient pu être mélangées à la poussière volcanique pendant leur trajet. Elles étaient d'ailleurs très-uniformément disséminées dans toute la masse pulvérulente. En outre, des cendres prises en Islande au pied même du volcan, et provenant sans doute de la même éruption, ont offert les mêmes formes que celles qui furent recueillies aux Orcades. Ainsi des circonstances qui ont accompagné le phénomène et de l'état même des corps, on ne peut se refuser à ad-

mettre que le mélange des substances organiques et inorganiques a dû avoir lieu dans l'intérieur même du volcan et qu'il ne résulte pas de l'introduction accidentelle et postérieure de particules étrangères.

Des échantillons de ces mêmes cendres, examinés ultérieurement, y ont fait distinguer jusqu'à 32 espèces de corps organisés, dont 3 dans la poussière tombée aux Orcades. 15 des espèces déterminées ont été décrites comme étant d'eau douce et se retrouvent dans la tourbe d'Hussavic et dans les eaux saumâtres de Rykiavik. Plusieurs autres ont leurs analogues au Labrador, au détroit de Kotzbue, mais aucune n'est nouvelle. Leur origine d'eau douce prouve aussi que la mer n'est pour rien dans la formation de ces cendres.

La planche 38 du grand ouvrage de M. Ehrenberg est consacrée à représenter, vues sous le microscope, les organismes rejetés par les volcans dans les cendres, les vases, les tufs, les ponces, etc., de Kammerbühl, de Pompéi, de Civita-Vecchia, de Tollo (Chili), d'Arequipa, de l'Hekla, de la moya de Quito, puis dans le tuf de l'Ascension, la Palagonite, un tuf de Patagonie, un autre de Lipari, des cendres d'Imbaru, la moya de la Guadeloupe, les cendres du volcan de Scheduba (Inde), etc.

Poussières atmosphériques.

Outre la terre, les eaux douces, saumâtres, salées et les profondeurs des volcans, l'atmosphère est encore, sinon un *habitat* normal et permanent pour les organismes microscopiques, du moins un milieu à travers lequel ils sont souvent transportés, par les vents, de contrées fort éloignées pour venir tomber, sous forme de poussière, à d'immenses distances du lieu de leur origine. C'est ainsi que la planche 39 du même ouvrage nous permet de juger des formes transportées avec les poussières à travers l'Atlantique, puis celles du sirocco, la neige rouge, les pluies colorées, la poussière météorique de la mer Noire, une pluie colorée de l'Islande, tombée en 1849, une poussière de la mer Noire et de l'Atlantique, tombée en 1834, une autre en 1838, celle de Santiago, au cap Vert, en 1833, qui couvrit plus d'un million de milles carrés; celle du sirocco de Gênes, tombée le 16 mai 1846; celle d'un ouragan de Lyon, le 17 octobre

de la même année. Le poids total de cette poussière fut évalué à 720,000 livres, et celui des organismes qu'elle contenait à 1/8 ou 90,000 livres. M. Ehrenberg y put distinguer 39 espèces. Une poussière météorique de la Calabre, remontant à l'année 1803, donna 49 espèces d'organismes; une autre, de 1813, en donna 64, et 28 espèces leur étaient communes, enfin vient celle du sirocco de Malte, tombée en 1830.

M. Ehrenberg fait remonter la connaissance de ces chutes de poussières jusqu'au temps d'Homère.

Les espèces microscopiques contenues dans les poussières précédentes ne viennent point d'Afrique, à ce qu'il paraît; 15 seraient du sud de l'Amérique et l'origine de ces poussières n'est pas connue. On sait seulement que la zone dans laquelle on en observe comprend le midi de l'Europe, le nord de l'Afrique avec les parties adjacentes de l'Atlantique, et les latitudes correspondantes de l'Asie occidentale et centrale.

Amérique du Nord. — Recherches de M. Bailey. Organismes marins.

Aux États-Unis, M. Bailey (1) poursuit depuis longtemps, et avec non moins de persévérance, des recherches analogues à celles de M. Ehrenberg. Pour ne parler ici que de celles qui se rapportent aux organismes microscopiques de l'époque actuelle, nous rappelerons que, dans les divers sondages exécutés sur les côtes du New-Jersey, depuis une profondeur de 93 mètres au sud-est de la pointe Montaux jusqu'à 164 mètres au sud-est du cap Henlopen, on a reconnu un grand développement de ces organismes, particulièrement des polythalames (rhizopodes) aussi abondants que ceux des marnes qui portent la ville de Charleston et de formes analogues. Il y a une ressemblance générale entre les espèces qui proviennent de profondeurs considérables, mais chaque localité paraît avoir ses formes dominantes. Les infusoires (ce sont ici des diatomacées) existent dans ces mêmes profondeurs aussi bien que les rhizopodes, mais en moins grande quantité. Ce sont des *Gaillonella*, des *Coscinodiscus*, etc. Les sondages profonds n'ont pas fait connaître un seul des rhizopodes agatistègues, qui abondent, au con-

(1) *Smithsonian contributions to knowledge*, vol. II, 1851.

traire, dans les eaux peu profondes des côtes de la Floride et des Antilles. Ces formes étant plus récentes que la craie permettraient de penser que les dépôts tertiaires où elles sont répandues se sont formés sous une faible profondeur d'eau.

Les grands sondages exécutés près du Gulf-stream ont fait voir son influence sur le développement de la vie microscopique, et M. Bailey présume que le *substratum* de Charleston peut avoir été formé sous une semblable action. L'abondance des rhizopodes dans les eaux profondes donne lieu à un fond calcaire, tandis que la prédominance des diatomées sur les rivages produit un fond siliceux. Aucun de ces sondages, à l'exception de ceux de la petite anse de Rockaway (Long-Island) n'a d'ailleurs présenté rien qui ressemblât à ces vastes accumulations d'infusoires des marnes de la Virginie et du Maryland, qui appartiennent à la période tertiaire moyenne, et si remarquables par la variété des espèces.

Des sondages exécutés dans la mer du Kamtschatka, à 1638 et 4914 mètres, ont prouvé qu'à ces grandes profondeurs le fond de la mer était aussi dans ces parages en partie composé d'organismes microscopiques. M. Bailey (1) a constaté 22 espèces de diatomacées siliceuses, 1 infusoire (*Cadium marinum*), 1 Difflugie (*D. marina*), 13 polycystinées, 6 *zoolitharia* et des spicules siliceuses d'éponges comprises dans les *phytolitharia* d'Ehrenberg, sans un seul fragment de rhizopode à test calcaire. Toutes ces espèces étaient également abondantes.

Origine organique de certains sables verts.

Mais une découverte plus curieuse encore de M. Bailey (2) est d'avoir constaté que de nos jours se produisent aussi les grains de sable vert siliceux que M. Ehrenberg avait reconnus dans divers terrains pour n'être que des moules intérieurs de coquilles microscopiques. M. F. Pourtalès (3), en exécutant des sondages dans le voisinage du Gulf-stream et dans le courant lui-même, par 31°32′ lat. N. et 79°35′ longit., à la profon-

(1) *The amer. Journal* de Silliman, vol. XII, n° 64, p. 1; 1856.
(2) *Ibid.*, p. 280-96.
(3) *Rep. U.-S. Coast-Survey in the Explor. of the Gulf-stream*. Feb. 1853. Appendix, p. 83.

deur de 275 mètres, a reconnu que le fond était un mélange, à parties égales, de *Globigerina* et de sable noir ou vert foncé. Ce sable, comme celui du fond du golfe du Mexique, est composé de grains qui affectent souvent la forme bien caractérisée de moules intérieurs de coquilles de rhizopodes, de petits mollusques et de tubes branchus. La silice qui a servi au moulage se présente ici comme dans les sables verts ou glauconieux des formations tertiaires ou plus anciennes; quelquefois ces grains sont rouges, brunâtres ou presque blancs. Parmi ces moules siliceux microscopiques, M. Bailey en a observé un de coquille multiloculaire spirale, dont une seule loge était remplie par de la silice verte et les autres par la même substance rouge ou blanche, et *vice versâ*.

Il est facile de s'assurer que ces moules appartiennent aux espèces qui vivent encore sur les lieux et qui constituent la plus grande partie du sable rapporté par le sondage. Celles ci ont conservé leurs teintes rouges et tout leur brillant, et montrent encore la plus grande partie de leur sarcode lorsqu'on les traite par un acide étendu. On ne peut donc pas supposer que ni les coquilles pourvues de leur test, ni les moules siliceux proviennent d'une couche ancienne d'où ils auraient été arrachés. Ainsi se formeraient dans les mers actuelles et par les mêmes procédés des sables glauconieux analogues à ceux qu'on trouve jusque dans les roches siluriennes.

Les grains verts n'ont pas toujours, à la vérité, des formes organiques reconnaissables ; ils sont souvent arrondis, et l'auteur croit y reconnaître des formes coprolithiques; mais tous auraient la même origine, c'est-à-dire que les changements chimiques qui accompagnent la destructien de la matière organique auraient favorisé dans les cavités le dépôt de silicate de fer vert et rouge, et même de la silice pure incolore. Quoique ce fait se présente au fond du Gulf-stream et du golfe du Mexique, où sont aussi de nombreux organismes naturellement siliceux, tels que les diatomacées, les polycystinées, les spongiolithes, il ne paraît pas que ces derniers exercent aucune influence directe sur les résul-

tats du moulage des coquilles calcaires de rhizopodes.

Rizières. Dans les rizières des bords de la Savannah, fréquemment submergées, dans les eaux saumâtres ou salées des marais qui avoisinent la côte, les infusoires (diatomées) sont nombreux. Le grand *Triceratium favus*, Ehrenb., et les disques circulaires de *Coscinodiscus subtilis*, *id.*, se trouvent dans les rizières de l'Ogeechee avec 15 autres espèces, du pollen de Pins et des *phytolitharia*. Dans le comté de Glyn, on trouve de même des desmidiées, des diatomées, des infusoires, des algues, etc.

275 espèces de ces mêmes corps sont en outre indiquées sur des points où jusque-là on n'en avait pas signalé. 31 ou 1/9 sont nouvelles, et les autres étaient connues soit dans le pays, soit en Europe, d'où l'auteur conclut que les organismes microscopiques d'eau douce sont moins affectés par les différences de climat que la plupart des autres êtres organisés, ce qui s'accorde avec ce qui a été dit précédemment. Les eaux douces comme les eaux marines sont d'ailleurs peuplées même au milieu de l'hiver.

Les espèces des rizières sont les mêmes que celles qui vivent dans les estuaires de la côte ; mais celles du fond des fossés de ces mêmes rizières et des forts près de Savannah doivent avoir été déposées depuis un temps fort considérable et seraient peut-être quaternaires.

Marais salants. Les vastes marais salants des côtes de la Caroline du Sud, de la Géorgie et de la Floride abondent en diatomées, dont les coquilles entassées successivement dans la vase nous montrent comment se sont formés dans la Virginie et le Maryland les dépôts tertiaires de composition analogue et tout aussi étendus, quoique ordinairement plus sableux. Certaines diatomées de l'Océan vivent aussi dans les estuaires et les rivières dont l'eau est douce à la surface, mais elles ne se rencontrent jamais dans les lacs et les marais exclusivement d'eau douce et sans aucune communication avec la mer. Parmi les espèces les plus cosmopolites, on peut citer le *Therpsinoë musica*, Ehr., du Mexique, du Texas, de la Jamaïque, des rivières des États-Unis et dont les îles Philippines ont offert des formes très-voisines.

Enfin nous rappellerons que déjà dans la section 6 du chapitre IV, p. 276 et suivantes, nous avons rapporté les résultats des recherches les plus récentes sur ce sujet dus à M. Maury et à M. Wallich; nous ne pouvons donc qu'y renvoyer le lecteur.

Farines fossiles, terres édules.

Nous devons encore mentionner ici, comme probablement contemporaines, ces substances terreuses que certaines populations sauvages ou vivant sous des climats rudes et improductifs prennent et emploient comme aliment. En 1833, un paysan de Degersfors, dans la Bothnie occidentale, sur les confins de la Laponie suédoise, découvrit, en abattant un arbre, une matière terreuse qui fut mélangée avec de la farine de seigle, puis pétrie et cuite au four comme du pain. Elle est particulièrement composée de silice, et sous le microscope paraît ne renfermer que de petits corps allongés, ovoïdes, bacillaires, cylindriques, aciculaires, etc., provenant d'infusoires, suivant M. Ehrenberg, tandis que M. Greville n'y voit que des algues. L'analyse de cette substance a donné à M. T. Stewart Trail (1) :

Matières organiques destructibles par la chaleur. . . .	22,00
Silice.	71,13
Alumine.	5,31
Oxyde de fer.	0,15
Perte.	1,41
TOTAL. . . .	100,00

Cet usage de certaines terres comme aliment est, comme on sait, répandu chez les populations indigènes de l'Amérique méridionale et centrale, ainsi que dans l'Australie. Les corps organisés microscopiques qu'on y rencontre ont été représentés sur la planche 35[a] de l'atlas de la *Microgéologie* de M. Ehrenberg. L'un des échantillons figurés provient de Java.

Mais cet emploi des terres à infusoires est sans importance, comparé au rôle que jouent les animalcules vivants et les végétaux microscopiques dans l'alimentation des animaux aquatiques, tels que les polypiers, les bryozoaires, les mollusques et

(1) *Transact. of the R. Soc. of Edinburgh*, vol. XV, p. 145, 1841.

autres animaux sédentaires qui vivent dans les eaux profondes au delà de la zone des algues et même au-dessus (1).

Résumé.

On voit, ainsi que nous l'avons dit en commençant ces études, et on ne peut trop le répéter, parce que c'est une idée avec laquelle on n'est pas assez familiarisé, que ce sont les animaux inférieurs qui, de nos jours comme de tout temps, contribuent seuls à former, par leurs débris, des couches ou des dépôts d'une certaine importance. Les coquilles des mollusques marins, accumulées avec les sables le long des côtes, ou ensevelie sdans la vase et les autres sédiments, à une faible profondeur au-dessous du niveau de la mer, les restes solides de bryzoaires, de crustacés, d'annélides, de radiaires, les îles de polypiers, les récifs qui accompagnent les côtes à une certaine distance et ceux qui les bordent immédiatement, puis les rhizopodes calcaires et siliceux, enfin les diatomacées, dont les dépouilles innombrables occupent le fond de toutes les mers sur des épaisseurs inconnues, tels sont les produits de la vie marine dont nous avons esquissé les résultats, résultats d'autant plus prononcés en général, que l'on considère des zones de température plus élevée dans lesquelles l'énergie des forces de la nature se manifeste aussi par une plus grande variété et une plus grande richesse de formes.

Nous avons fait remarquer en outre que c'était sous les zones chaudes que la consolidation des roches modernes se produisait le plus rapidement et sur une plus grande échelle. Y aurait-il une relation entre cette dernière circonstance et la plus grande quantité de carbonate de chaux, fixée

(1) Outre les ouvrages et les auteurs que nous avons cités, on peut encore signaler pour des recherches récentes sur les corps organisés microscopiques : — Ralf, *British Desmidiæ*, où l'on trouve des descriptions détaillées et de bonnes figures des espèces; — Rützing, *Diatomaceen oder Bacillarien*, ouvrage contenant aussi beaucoup de figures; — Pritchard, *History of infusoria recent and fossil*, contenant des descriptions abrégées et des figures réduites du grand ouvrage de M. Ehrenberg : *Die Infusionsthierschen*; — W. Smith, *Sur la détermination des Diatomacées* (*Quart. Journ. of microscop. science*, vol. III, p. 130); — W. Gregory, *Sur*, id., *Transact. Microscop. Soc.* 2e sér., vol. III.

d'abord par les polypiers, les mollusques, les annélides et les radiaires de ces régions, puis redevenue libre en partie par la destruction permanente d'une certaine quantité de ces mêmes produits organiques? C'est ce qui semble assez-probable, sans qu'aucune observation directe soit cependant encore venue le confirmer.

Les produits animaux des eaux douces sont peu considérables lorsqu'on fait abstraction des organismes microscopiques à test siliceux. Ce n'est qu'aux États-Unis de l'Amérique du Nord que nous avons vu les coquilles lacustres former à elles seules au fond des étangs et des marais des dépôts de marne blanche d'une certaine épaisseur, et qui n'ont encore été signalés nulle part avec un développement comparable.

Appendice.

Le guano est un dépôt dans lequel l'intervention de l'eau n'entre pour rien, qui se forme à découvert dans des lieux secs, mais non loin de la mer, et encore le plus ordinairement dans les régions tropicales. Il ne pouvait pas être omis dans ces études, d'abord à cause de son importance actuelle, et ensuite parce que nous aurons à mentionner à l'état fossile des substances d'origine à peu près semblable. Ce produit de l'organisme, mais non organisé par lui-même, est le résultat direct de l'action vitale, du à l'accumulation séculaire d'excréments et de cadavres de certains oiseaux qui habitent en très-grand nombre les côtes et les îles voisines du Pérou, divers points de l'Amérique du Sud, les îles Gallapagos et le Chili, dans quelques îles de l'Amérique du Nord, la côte occidentale d'Afrique et l'Australie. Ces dépôts ont de 12 à 20 et quelquefois jusqu'à 30 mètres d'épaisseur. Guano. — Origine, gisements.

Les gisements de guano, dans les îlots et sur les côtes de Pérou.

l'océan Pacifique, sont répartis, dit M. Boussingault (1), entre le 2e et le 21e degré de lat. S., depuis la baie de Payta jusqu'à l'embouchure du Rio-Loa. En dehors de ces limites, il s'en rencontre encore, mais dépourvu de sels ammoniacaux et des principes organiques auxquels cette substance doit en grande partie ses propriétés fertilisantes. Cette différence de composition tient à ce que dans cette zone, depuis Tumbu jusqu'au désert d'Atacama, les pluies sont presque inconnues, tandis qu'au delà elles sont plus ou moins fréquentes.

Le guano, ainsi nommé des oiseaux qui le déposent, appelés *Guanaes* par les habitants du pays, et qui sont des Alcatraz, des Phénicoptères et des Ardéas, se trouve sur de petits promontoires, sur des falaises, ou remplit les anfractuosités du sol, en général, sur des points où les oiseaux trouvent un abri contre les fortes brises du sud. Les roches de la côte sont cristallines, granitiques ou porphyriques, et supportent le guano disposé en couches horizontales ou quelquefois inclinées. Les localités fréquentées par les Guanaes se nomment, à cause de cela, *Huaneras*, et les Incas, qui utilisaient ce produit, avaient défendu, sous des peines très-sévères, de tuer les oiseaux. Aujourd'hui encore, les lois les protégent contre une destruction qui ferait grand tort à l'agriculture.

Sur certains points, on y observe un mélange d'excréments d'oiseaux et d'autres de poissons et de cétacés. A Punta-Lobos, des lits de guano gris foncé sont surmontés d'autres lits presque noirs, de $0^{m},60$, avec de petites pierres de porphyre, luisantes, elliptiques, que les phoques ont l'habitude d'avaler et qui accompagnent toujours leurs déjections. Au-dessus sont de nouveaux lits de teintes variées. Les dépôts de guano sont ordinairement surmontés d'une couche de sable et de substance saline appelée *caliche* par les ouvriers, et que ceux-ci enlèvent avant de commencer l'exploitation, lorsqu'elle a lieu à ciel ouvert, ce qui est le cas le plus ordinaire.

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, vol. LI, p. 844; 1860. — *Ibid.*, vol. L, p. 887.

Le guano blanc est le produit de l'année; le guano brun, plus ancien, d'une odeur fétide, n'était pas employé par les habitants avant la conquête; tous deux sont essentiellement ammoniacaux.

Les trois îles de Chincha, au nord d'Iquique, par 12° lat. S., sont la localité la plus riche en guano ammoniacal. Elles sont basses, granitiques, recouvertes de couches de guano, généralement horizontales, dont les fissures sont remplies de cristaux de sels ammoniacaux. On y trouve des œufs pétrifiés, des plumes, des ossements et même des oiseaux momifiés. Iles Chincha.

La composition du guano, que Fourcroy et Vauquelin avaient fait connaître, d'après des échantillons rapportés par Alex. de Humboldt, serait aujourd'hui, suivant M. Nesbit, pour celui de ces îles : Composition.

Matières organiques et sels ammoniacaux	52,52
Phosphate de chaux	19,52
Acide phosphorique	3,12
Sels alcalins	7,56
Silice et sable	1,46
Eau	15,82
Total	100,00

Pour que le guano ait été accumulé en si énorme quantité dans les Huanéras, dit M. Boussingault, il a fallu à la fois le concours de circonstances aussi favorables à sa production qu'à sa conservation : un climat d'une sécheresse toute exceptionnelle, sous lequel les oiseaux n'aient pas à se garantir de la pluie, des accidents du sol offrant des crevasses, des anfractuosités où ils pussent reposer, pondre et couver à l'abri des fortes brises du sud, enfin une nourriture telle qu'ils la trouvent dans les eaux qui baignent la côte. Or, nulle part au monde le poisson n'est plus abondant que dans ces parages, et la pêche qu'en font ces oiseaux a été décrite, d'une manière très-curieuse, par D. Antonio d'Ulloa, qui accompagnait les astronomes français lors de leur mission au Pérou.

On n'estime pas à moins de 378 millions de quintaux métriques le volume du guano du Pérou, non compris celui qui Quantité.

se trouve au sud du Rio-Loa, et au nord des îles de Chincha jusqu'à Payta. Aussi Alex. de Humboldt ne pensait-il pas que ces dépôts fussent tous de l'époque actuelle. M. de Rivero, qui en a fait une étude spéciale, croit, au contraire, que la quantité prodigieuse des oiseaux qui y contribuent, seulement pour les îles Chincha, où il estime leur nombre à 264,000, aurait pu, dans un laps de temps de 6000 ans, produire la masse du dépôt en question, estimée à 361 millions de quintaux et à raison de une once par nuit pour chaque Guanaes. Cette masse est entièrement formée aux dépens des animaux marins et plus particulièrement des poissons.

Éléments enlevés à l'atmosphère.

Évaluant ensuite à 2,5 0/0 la quantité d'azote que contient le poisson frais, et le guano du Pérou en renfermant 14 0/0, M. Boussingault en déduit que 100 kilogrammes de guano représentent l'azote de 600 kilogrammes de poissons de mer, et que les 378 millions de guano dont on vient de parler proviennent de 2 milliards 268 millions de quintaux de poissons de mer, et les 53 millions de quintaux d'azote ont dû être pris à l'atmosphère, puisqu'on ne connaît pas à ce gaz d'autre gisement primitif.

Le guano terreux, celui qui est privé de substances ammoniacales enlevées par les eaux pluviales et qui se trouve au nord et au sud de la zone que nous venons d'indiquer, est presque entièrement formé de phosphate de chaux ; et si l'on estime à 95 millions de quintaux métriques le phosphate de chaux des divers gisements de guano, soit à 1/4 de la masse totale, on trouve, suivant une remarque de M. Jobert de Lamballe, qu'il y aurait de quoi composer le système osseux de 4,000,000,000 d'hommes, c'est-à-dire quatre fois la population actuelle du globe telle qu'on la suppose.

Nous ferons observer d'un autre côté que l'azote soustrait à l'atmosphère et fixé dans le guano ne retourne plus à sa source et qu'il n'y a dans ces conditions aucun agent naturel pour le lui restituer. Cette action des Guanaes, en se prolongeant indéfiniment ou jusqu'à leur disparition dans la suite inconnue des temps, doit augmenter aussi indéfiniment la quantité de

leur produit et par conséquent diminuer d'autant la masse de l'azote qui constitue un élément si essentiel de notre atmosphère, et finir à la longue par modifier la constitution de celle-ci. Il en donc est ici pour ce gaz absolument comme pour le carbone fixé dans les dépôts de combustibles végétaux, et de même aussi l'action de l'homme, quoique indirecte, vient contribuer, par suite de son industrie, à restituer à l'atmosphère cet azote accumulé depuis des siècles et celui qui journellement encore est enlevé à la masse générale de l'air. Il est évident aussi que sans les progrès de la navigation, cette action eût été insuffisante, puisque les peuples indigènes, quoique utilisant le guano, en avaient laissé des masses si considérables que toutes les nations civilisées s'empressent aujourd'hui de le faire entrer dans leur culture.

Sur la côte de la Patagonie, par 48° latitude S., entre la pointe Sea-bear-bay et Port-Désiré, est un groupe de petites îles d'où l'on extrait du guano. M. Malaguti (1) y distingue le *guano de l'île Shay*, formé d'excréments et de débris de Cormorans, très-riche en azote, le *guano de Lion*, formé par les Phoques (Lions de mer) et d'autres amphibies, et renfermant des cristaux de struvite et de chaux phosphatée, le *guano de Pingoins*, également composé de détritus et d'excréments de ces oiseaux et d'amphibies, avec struvite et une argile phosphatée, enfin le *guano de carrière*, qui est fort ancien et modifié dans ses caractères par la suite des temps. Patagonie.

Dans le guano de la baie de Saldanha, sur la côte occidentale d'Afrique, la struvite, qui est un phosphate d'ammoniaque et de magnésie, a aussi été rencontrée. On sait que l'origine de cette substance, trouvée pour la première fois dans un sol au-dessus duquel il y avait eu pendant longtemps un abattoir, a été un sujet de discussion parmi les minéralogistes, qui semblent la regarder actuellement comme un résultat de la réaction de matières organiques sur les éléments du sol environnant. Substances minérales.

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, vol. LIII, p. 436; 1861.

M. Ad. Strecker (1) a extrait du guano une substance particulière à laquelle il a donné le nom de *Guanine*.

Organismes microscopiques. Nous avons déjà vu (*antè*, p. 360) que M. Ehrenberg avait représenté sur la planche 35 *a* de l'Atlas de sa *Microgéologie* des organismes microscopiques du guano du Pérou et de la côte d'Afrique, de son côté M. Bailey (2) a constaté que les infusoires récents abondent dans les vases bleues de la baie de New-Haven, dans celles de Charleston, etc., et sont tous des espèces marines qu'on retrouve dans le guano.

Cuica. Séb. Wisse (2) a décrit, sous le nom local de *Cuica*, un dépôt composé de boules de terre, qui paraît être le résultat du travail et l'habitation d'un ver d'une grande dimension et très-répandu dans toute la haute vallée des Andes de l'Équateur, sur 70 lieues de long et 7 de large. La limite nord du dépôt coïncide avec celle des républiques de l'Équateur et de la Nouvelle-Grenade. On l'observe particulièrement sur les roches tuffacées de remblai d'origine trachytique, dans le voisinage des volcans. Il existe depuis 2000 jusqu'à 3200 mètres d'altitude; au pied du Pichinca même il se forme encore. L'épaisseur de la couche qu'il constitue varie de 1 à 20 mètres, mais il y en a qui paraît avoir commencé à se déposer avant l'époque actuelle, si l'on en juge par les sédiments de transport argileux, sableux, caillouteux dont on les voit recouverts sur plusieurs points.

D'après l'auteur, le ver qui construit ces boules aurait 60 à 70 centimètres de long; il vit dans les endroits argileux et humides, se forme une demeure creuse en dedans, sphérique, de 6 à 8 centimètres de diamètre et dans laquelle il se retire pendant la saison sèche. Après la mort de l'animal l'intérieur se remplit de sable ou de terre, mais l'orifice reste toujours reconnaissable. Ce dépôt singulier, propre à la haute région comprise entre les deux Cordillères, ne s'observe plus

(1) *Comptes rendus*, vol. LII, p. 1210 ; 1861.
(2) *The Amer. Journ.* de Silliman, vol. XLVIII, p. 336; 1845.
(3) *Bull. Soc. géol. de France*. 2e sér., vol. XI, p. 460; 1854.

lorsqu'on descend vers l'océan Pacifique, ni à l'est, ni au nord dans la Nouvelle-Grenade.

Si S. Wisse n'était pas aussi connu pour un observateur instruit et sérieux, peut-être pourrait-on soupçonner dans son récit quelque exagération de voyageur revenant de loin, mais outre une description très-circonstanciée du fait en lui-même, bien que le ver constructeur n'ait pas, à ce qu'il semble, été observé directement par lui, le mémoire de cet observateur est encore accompagné d'une carte géologique de toute la haute vallée comprise entre les Cordillères. A cette carte, à l'échelle de $\frac{1}{700000}$, est jointe une coupe générale proportionnelle et des coupes de détail où les relations stratigraphiques et la distribution géographique du Cuica sont parfaitement indiquées, ainsi que celles des autres roches du pays. Il n'est donc pas permis de douter de l'exactitude du fait, mais on doit désirer une description plus complète de l'animal lui même qui y donne lieu.

CHAPITRE VII

§ 1. Tourbes et marais tourbeux.

Il n'y a pas que les restes d'animaux qui contribuent à former des couches permanentes à la surface de la terre; tout le monde sait que la houille, le lignite, le jayet ne sont que des détritus plus ou moins altérés et modifiés des végétaux de diverses époques; or, la nature actuelle nous offre encore dans nos tourbières les analogues de ces dépôts plus ou moins anciens. Nous devons donc nous attacher à étudier les conditions dans lesquelles se forme aujourd'hui la tourbe, afin de pouvoir nous rendre compte plus tard de celles qui ont présidé à l'accumulation de ces amas charbonneux, puissants auxiliaires de tant d'industries modernes et de la civilisation elle-même. En outre, la répartition géographique des tourbières à la surface des continents, comparée à celle des grands dépôts de la période houillère, nous offre des rapprochements d'un certain intérêt, et enfin ces mêmes dépôts de végétaux modernes nous seront un précieux repère pour fixer le commencement de l'époque actuelle, et la séparer nettement de celle qui l'a précédée.

Les plantes cryptogames ou phanérogames, monocotylédones ou dicotylédones, herbacées ou arborescentes qui croissent librement à la surface du sol, et quelle que soit la nature de ce dernier, sont, après la mort, dans le cas des animaux qui se trouveraient placés dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que par leur altération et leur décomposition ils ne tardent pas à

rendre à l'atmosphère la plus grande partie des éléments qu'ils lui avaient empruntés, ne laissant à leur place que des détritus comparativement très-faibles de substances organiques, destinées à entrer bientôt, par suite de nouvelles réactions, dans le courant de la vie d'autres végétaux. Le terreau ou l'humus ainsi produit ne constitue même, dans les conditions les plus favorables, telles que les forêts vierges du nouveau monde, les parties basses et humides des continents et des grandes îles, que des couches superficielles, très-minces relativement au temps qu'elles ont mis à se former et qui, dans aucun cas, ne montrent les vrais caractères d'un dépôt solide ou susceptible de se solidifier et d'opposer une certaine résistance aux agents physiques extérieurs.

Pour les végétaux, comme pour les animaux, la première condition pour la conservation de leurs débris et par conséquent pour qu'ils puissent constituer de véritables couches par leur accumulation, c'est d'être soustraits à l'action directe de l'atmosphère dans des conditions particulières que nous allons examiner.

Ces conditions sont celles qui donnent lieu au produit connu de tout le monde sous le nom de *tourbe*, mais dont l'origine, le mode de développement et la reproduction ont été l'objet des opinions les plus diverses. Il ne peut entrer dans notre plan de donner ici l'historique de ces discussions et de ces théories soutenues en Allemagne et dans les pays voisins par Dau, Anderson, Crôme, Wiegmann, Einof, Sprengel, Oberlin, Buchner, Pailliardi, Steenstrup, Lampadius, Forchhammer et Papius, en Hollande par Stevinus et Arends, en Angleterre par Nora, Rennis, Percival, Hunter et Jenyns, en Suisse par Deluc et Wakerling, en France par Renaud de la Plâtrière, etc.; nous dirons seulement qu'on admettait assez généralement que la condition essentielle pour la formation de cette substance était l'existence d'un sol imperméable à l'eau, laquelle ne devait être ni complétement stagnante ni trop rapidement renouvelée. En outre, les végétaux, au lieu de pourrir, devaient éprouver un mode particulier de conservation assez analogue au tannage.

De quelques observations qui nous sont personnelles, dans le nord de la France, nous avons conclu que la tourbe peut se former avec les débris de toutes sortes de végétaux ; mais il faut pour cela que les eaux ne soient pas complétement stagnantes, qu'elles ne charrient pas une grande quantité de limon, qu'elles soient peu sujettes à de grandes crues. Il faut en outre qu'elles soient très-peu profondes, que leur mouvement soit très-peu rapide et qu'elles coulent sur un fond argileux ou peu perméable, et non sur des dépôts de transport diluvien de sable, de gravier et de cailloux roulés.

Nous avons fait voir en outre que les vallées essentiellement tourbeuses, telles que celles de l'Authie, de la Somme, de l'Ailette, de l'Ourcq, de l'Essonne, des petits affluents de la rive droite de l'Oise dans le département de ce nom, de la Brèche, du Thérain et de l'Epte au delà, sont plus ou moins tourbeuses dans toute leur étendue, tandis que les vallées proprement dites de l'Oise (1), de l'Aisne, de la Marne et de la Seine, dont les eaux coulent sur un diluvium sableux et de cailloux roulés plus ou moins épais et plus ou moins étendu sur leurs bords, ne présentent nulle part de véritable tourbe continue sur des surfaces d'une certaine importance.

Les vallées tourbeuses précédentes perdent leur propriété précisément à leur débouché dans celles qui sont impropres à la production de ce combustible, et l'on reconnaît que leur fond est constitué par la craie, par les argiles des lignites ou par la glauconie inférieure, presque toujours séparée de la craie par une couche imperméable. De plus, ces rivières n'ont que de faibles crues, et lorsqu'elles sortent de leur lit ne déposent pas d'épais sédiments sur les surfaces qu'elles ont momentanément couvertes.

(1) Les vastes tourbières de la rive droite de l'Oise, des environs de Compiègne à Pont-Sainte-Maxence et au delà, ne sont qu'une exception apparente; en réalité elles reposent, non pas sur le diluvium de la vallée, mais sur les argiles des lignites, sur la glauconie inférieure ou sur la craie de cette petite région que borde ou que recouvre le diluvium seulement dans le voisinage immédiat de la rivière.

Formation de la tourbe.

Voyons actuellement quelles sont, d'après les recherches les plus récentes et en nous aidant surtout de l'excellent travail de M. L. Lesquereux (1), les circonstances physiques les plus générales dans lesquelles se forme la tourbe, l'âge probable de ses dépôts, les végétaux qui entrent pour la plus grande part dans leur composition, la proportion de leur accroissement, leur répartition géographique à la surface des continents et des îles, la comparaison de cette répartition avec celle des dépôts houillers et l'analogie de leur mode de formation, enfin les restes de corps organisés animaux et les autres objets qu'on y rencontre.

La tourbe, dit M. Lesquereux, peut se former au-dessus et au-dessous de la surface de l'eau, au contact de l'eau douce et au contact de l'eau salée. Elle résulte de l'accumulation des débris de végétaux qui croissent à la surface du sol, dans les eaux des lacs comme sur les pentes des montagnes, dans les bassins peu profonds des vallées comme sur les rives inondées des fleuves et des rivières.

Les fibres ligneuses du bois se conservent, comme on sait, fort longtemps sous l'eau, et c'est la partie également ligneuse des plantes herbacées, c'est-à-dire celle qui résiste le mieux à l'action décomposante des agents extérieurs, qui entre dans la composition de la tourbe. Elle la constitue réellement, sans quoi le résultat de l'altération serait, comme à l'air libre, de l'humus ou du terreau. Les *Carex*, les *Eriophorum*, certaines mousses, etc., sont, malgré leur apparence, composés en grande partie de filaments ligneux. Au lieu donc d'envisager la tourbe, dit l'auteur, comme le résultat immédiat d'une sorte de fermentation particulière, il faut l'attribuer à une résistance à ce phénomène; et cet obstacle essentiel est la présence de l'eau. La tourbe est donc un composé de la partie ligneuse des végétaux dont la fermentation, et par conséquent la décomposition, sont retardées par la présence et la température de ce liquide.

(1) *Quelques recherches sur les marais tourbeux en général.* (Mém. de la Soc. des sc. natur. de Neuchâtel, t. III, p. 1; 1845.)

L'auteur distingue ensuite les *tourbières immergées* et les *tourbières émergées*, distinction qui n'est pas toujours bien absolue, parce que les tourbières des vallées ne sont immergées complétement que pendant un court espace de temps.

Tourbe immergée.

La *tourbe immergée* se forme sur les bords de la mer, des lacs et des rivières, quand les eaux peu profondes sont calmes et surtout séparées du bassin général par des digues, des dunes ou des atterrissements. Il y en a aussi dans les petits lacs et les étangs des montagnes, où, à la faible profondeur de l'eau et à son peu de courant, s'ajoute la présence de végétaux ligneux, surtout des Potamophyles, des joncées, des Presles, des *Carex* et de l'*Arundo phragnites*. Ainsi les marais de l'embouchure de l'Authie, sur la côte du Pas-de-Calais, sont encore presque inaccessibles et couverts de plantes aquatiques d'eau salée et d'eau douce, déposant une tourbe qui doit atteindre dans peu le niveau de l'eau. Le territoire d'Oldenbourg, autrefois séparé du reste du Holstein, tend à s'y réunir par le développement de la tourbe, et le bras de mer qui existait en 1320 sera comblé dans peu, de sorte que la ville maritime du quatorzième siècle va devenir une cité complétement de l'intérieur.

Lorsque certaines circonstances ont interrompu la formation de la tourbe et que, par suite, le premier dépôt a été recouvert de marne ou d'argile, la tourbe peut se reformer de nouveau, si les conditions lui sont redevenues favorables, et l'on peut avoir deux couches distinctes de combustible, séparées, comme on en cite des exemples en Hollande et en Suisse. Aux environs de Neuchâtel, une couche de tourbe de 7 mètres de puissance repose sur un lit d'argile de $4^{m},50$, supporté à son tour par une couche de tourbe plus ancienne de 6 mètres, ayant pour base une argile compacte.

Tourbe émergée.

Pour la *tourbe émergée*, M. Lesquereux remarque que les Sphaignes renferment, par suite de leurs propriétés hygroscopiques absorbantes très-prononcées, une quantité d'eau telle que ces mousses peuvent s'imprégner d'une aussi grande proportion d'humidité par l'atmosphère que par une nappe d'eau sous-jacente. Cette sorte de végétation permet ainsi à la tourbe

de se former dans des conditions où d'autres végétaux n'en produiraient pas, et en particulier le long des pentes supérieures des montagnes. Ces mousses ne se développent point d'ailleurs sous les arbres des forêts, et l'auteur n'a point observé de tourbes émergées dans la composition desquelles les Sphaignes n'entrent comme partie essentielle de la végétation qui les a formées. Dans les tourbes de la Terre-de-Feu, suivant M. Darwin, le rôle de ces mousses serait rempli par l'*Astelia pumila* et la *Donatia magellanica*, par cette dernière surtout dont les feuilles nouvelles se succèdent sans interruption autour de la tige; celles du bas pourrissent d'abord, et, si l'on suit la racine dans l'épaisseur de la masse tourbeuse, on les voit conserver leur position sous leurs divers états jusqu'à ce que le tout ne forme qu'une seule masse.

Dans les dépôts tourbeux des montagnes on observe une sorte de stratification et des alternances dans leurs caractères qui proviennent de leur plus ou moins de développement, par suite de la quantité d'humidité à un moment donné. On ne remarque pas ces variations dans les tourbes immergées plus homogènes, s'élevant rarement au-dessus de l'eau et dans laquelle les mousses ne croissent pas. Il arrive quelquefois que les deux espèces de tourbe se superposent; c'est lorsque les végétaux ligneux se développent à la surface de la tourbe qui atteint le niveau de l'eau et que les Sphaignes végètent sur leurs détritus. Il faut pour cela que la température soit froide comme celle des lacs du nord de l'Europe.

La nature du sol n'a point d'influence sur la formation de la tourbe qui s'accumule sur les roches basaltiques, granitiques, arénacées, siliceuses, calcaires ou argileuses; mais si sa composition minéralogique ou chimique n'a aucune action à cet égard, nous ne pensons pas qu'il en soit de même de ses caractères physiques et de son état d'agrégation, comme nous l'avons dit plus haut.

M. Lesquereux ne croit pas qu'on puisse assigner l'époque à laquelle ont commencé à se former les marais tourbeux, mais nous trouverons dans l'examen de leurs relations strati- Ancienneté.

graphiques, sur certains points, des données suffisantes pour nous fixer à cet égard. On peut d'ailleurs admettre que tous les dépôts de cette nature n'ont pas commencé au même moment; ils se sont formés à mesure que, sur chaque point, les circonstances leur devenaient favorables, et l'on peut supposer qu'il y en a qui commencent encore à se produire de même que sur d'autres points la formation a pu cesser.

Épaisseur. Certains dépôts tourbeux atteignent jusqu'à 18 mètres d'épaisseur, tandis que d'autres n'ont que quelques centimètres; les uns sont presque à l'état de charbon, les autres montrent encore tous les caractères des végétaux qui les constituent. Leur formation est, en général, plus lente dans les marais que sur les montagnes, et les tourbes lacustres doivent remonter à une plus haute antiquité, probablement jusqu'après la retraite des eaux diluviennes.

Proportion de l'accroissement. D'après un certain nombre d'exemples étudiés attentivement, on a pu admettre que la croissance première de la tourbe était rarement moindre de $0^{m},64$ par siècle et que souvent elle a pu atteindre le double ou $1^{m},28$. La tourbe, après avoir été exploitée, se reproduit certainement, mais d'une manière variable, suivant les lieux et dans un laps de temps sur la durée duquel on n'a pas encore des données bien positives, celles que l'on obtient des exploitants ou des propriétaires étant rarement concordantes. Dans des tourbières de la vallée supérieure de la Somme, que nous avons décrites, on estime qu'il fallait un siècle pour la reproduction d'une couche de $3^{m},50$, ce qui donnerait environ 13 millimètres par an, proportion probablement trop forte.

Flore. L'examen comparatif de la flore des tourbières immergées ou émergées montre qu'il y a une extrême disproportion entre les familles qui y sont représentées. Parmi les mousses, 35 espèces concourent à sa formation; en y ajoutant les hépatiques, les conferves, les fougères et les presles, on trouve que plus de 50 espèces de cryptogames composent la grande masse des dépôts tourbeux émergés. Parmi les phanérogames il y a 36 espèces de monocotylédones, et une vingtaine seulement de

dicotylédones concourant au résultat commun. Mais il serait difficile de prouver que ces derniers contribuent essentiellement à la formation du combustible.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment pour les marais tourbeux du nord de la France, il n'y a aucune plante qui s'y trouve exclusivement, et aucun phanérogame immergé n'a la propriété de toujours produire de la tourbe; d'où l'on doit conclure que, dans les circonstances favorables, c'est-à-dire dans les eaux tranquilles et basses où il n'y a ni courant ni action dissolvante, le ligneux des plantes quelles qu'elles soient se conserve sous l'eau pour constituer la tourbe. Partout où ces conditions n'existent pas le ligneux décomposé ne forme pas de couche de combustible. Aussi les joncs, les roseaux, les laiches, les rubanniers, plantes à feuilles longues, étroites, dures et tranchantes qui renferment beaucoup de ligneux, et parmi les cryptogames certaines mousses formées pour plus de la moitié de leur poids de ces mêmes fibres ligneuses, se montrent partout dans les lieux humides où s'accumule la tourbe. Quant à la tourbe marine, elle paraît surtout formée de *Zostera marina*, de *Fucus digitatus*, etc.; les Glaux et les Salicornes croissent à sa surface.

La flore des tourbières de l'Europe paraît être à peu près la même partout. Vers le nord, dit M. Lesquereux, apparaissent cependant quelques mousses rares dans le Jura, la *Paludella squarrosa* et surtout les *Splachnum*. Quelques arbustes changent; ainsi l'*Erica vulgaris* est remplacé par l'*E. tetralix*, les Airelles, l'*Arbutus urva-ursi*, l'*Empetrum nigrum*, qui dans le Jura ne croissent que dans les lieux élevés non tourbeux.

Quelques tourbes marneuses renferment une si grande quantité de débris de coquilles fluviatiles et terrestres qu'on a peine quelquefois à la faire brûler. Toutes les espèces vivent encore à la surface du sol ou dans les eaux voisines. Quant aux insectes des fosses tourbeuses, et particulièrement les coléoptères fort nombreux, aucun n'appartient exclusivement à ces endroits. Les Colymbètes ou *Dytiscus*, les *Gyrinus*, les Hydrophiles y vivent comme dans toutes les eaux tranquilles. Leur

présence et celle des coquilles dans la tourbe expliquent comment les analyses de celle-ci ont montré qu'il y avait des substances d'origine animale telle que l'ammoniaque.

Distribution géographique des tourbières.

La géographie des marais tourbeux est, comme le dit fort bien M. Lesquereux, un sujet intéressant par toutes les questions qui s'y rattachent, et dont cependant il semble que personne ne se soit occupé jusqu'à présent.

On peut remarquer d'abord qu'il existe un rapport entre l'étendue et la profondeur des dépôts tourbeux d'une part, la température et l'humidité des contrées où ils se trouvent de l'autre.

En Europe, continue-t-il, la région des tourbières s'étend du revers nord des Alpes et des Pyrénées jusqu'aux latitudes septentrionales où cesse la végétation des plantes ligneuses. Elle commence ainsi vers le 45° ou le 46°, et plus au sud on n'en rencontre pas. Les exemples qu'on pourrait y citer sont des marais situés sur des montagnes où la température est celle des pays du Nord. Dans le midi de la France et dans les Pyrénées il n'y a de tourbe que sur les montagnes; dans les Alpes, les vallées en renferment jusqu'à 2600 mètres d'altitude.

Dans l'hémisphère sud, la région des tourbes paraît s'arrêter à des limites correspondantes. Ainsi, suivant M. Darwin, il n'y a pas encore de tourbe dans l'île de Chiloé par 41° et 42°, quoiqu'il y ait beaucoup de marais, mais elle est fort abondante dans les îles Chonos, à 3° plus au sud. C'est dans les îles Malouines, par 52° latitude méridionale, que la tourbe acquiert le plus de développement en surface et en profondeur. Il est digne de remarque que c'est en Irlande, sous la même latitude septentrionale et sous la même température moyenne, qu'on rencontre aussi la plus grande quantité de marais tourbeux. L'Irlande, dit M. Lesquereux, n'est, comme les îles Malouines, qu'une vaste tourbière.

Au delà des zones froides d'une part et tempérées de l'autre il n'y a donc point de véritable tourbe, et la température moyenne la plus favorable à sa formation est de 6° à 8° cent. C'est précisement celle de l'Irlande et des îles Malouines ou

Falkland, c'est aussi celle des hautes vallées du Jura où les dépôts sont si nombreux et si puissants. Lorsqu'on s'avance ensuite vers le N. l'activité de la végétation diminue, les marais gagnent en étendue par la disposition du sol, mais la tourbe est de moins en moins épaisse.

On peut conclure de ces faits que la température du globe n'a pas sensiblement changé ou ne s'est pas réchauffée d'une manière bien prononcée depuis les dépôts diluviens, et si, pendant la période quaternaire, la température de l'Écosse, par exemple, s'était abaissée et étendue jusqu'aux îles Madères, on devrait, suivant M. Lesquereux, trouver quelque part, dans le midi de l'Europe, des dépôts tourbeux contemporains de cet abaissement de température, et c'est ce qu'on n'observe pas.

Mais à l'époque où l'auteur écrivait on ne se faisait pas une idée bien nette de l'étendue de la période quaternaire ; on n'y voyait que le transport des blocs, des cailloux roulés, etc., et la destruction des grands mammifères, c'est-à-dire la fin même ou une partie de cette période. Mais en réalité l'abaissement de température supposé n'a rien d'incompatible avec le caractère négatif invoqué, car il n'a eu qu'une faible durée relative, insuffisante pour donner lieu à de puissants dépôts tourbeux, lesquels, s'ils avaient eu lieu, auraient encore pu être enlevés et détruits par les phénomènes diluviens qui ont exercé leurs actions dénudantes précisément dans la même zone.

La tourbe s'observe dans l'ouest de la France, depuis les landes de la Gascogne jusqu'en Belgique, dans les dépressions du sol où règnent les conditions que nous avons indiquées ; mais c'est surtout sur le littoral de la mer du Nord qu'elle prend un accroissement particulier. Toute la Hollande repose sur un sol tourbeux, et les sondages comme les puits exécutés sur ses divers points montrent toujours plusieurs couches de cette substance, séparées par des lits plus ou moins argileux, indiquant les changements de niveau relatif survenus pendant la succession du phénomène général. Celui-ci s'observe sans discontinuité depuis le Zuyderzée jusqu'à l'embouchure de l'Elbe, sur une largeur de 20 à 25 lieues à partir de la côte.

Les provinces du nord de la Hollande, l'Overyssel, la Drenthe, la Frise orientale et occidentale, puis Groningue, Osnabruck, Oldenbourg, Brême, toutes ces provinces et ces villes riches et populeuses paraissent occuper une surface conquise sur la mer par l'accroissement lent mais continu des marais tourbeux. La presqu'île du Jutland offre partout sur ses rivages de grandes étendues de sol tourbeux.

Danemark et îles voisines.

Suivant Dau, les anciens lacs de Snodstrup et de Store, dans le Holstein, sont aujourd'hui comblés sur une grande étendue; le milieu seul est encore à découvert, mais la surface de l'eau diminue chaque année. Les bords du Grubersee sont couverts de prairies établies sur la tourbe, et au milieu s'élèvent une multitude de petites îles, couvertes de roseaux, qui combleront bientôt ce golfe, où des vaisseaux naviguaient il y a quatre siècles. L'île de Seeland, en Danemark, n'a pas moins de 20,000 arpents de sa surface en tourbe, et celle de Bornholm en est presque entièrement formée. Dans la Lithuanie le même observateur signale des dépôts de cette substance qui ont 12 à 15 mètres de profondeur et qui s'élèvent de la même quantité au-dessus des plaines et des eaux environnantes.

Dans son mémoire sur l'invasion du Hêtre en Danemark, M. C. Vaupell (1) rapporte des faits intéressants que nous croyons devoir reproduire ici et dont la connaissance nous sera utile pour certaines parties du chapitre suivant. Il examine successivement les *forêts sous-marines*, les *tufs calcaires* et les *tourbières*, trois sortes de dépôts d'origine végétale qui se rattachent les uns aux autres.

Les forêts sous-marines des côtes de la Scanie, de l'île de Fionie, de la côte orientale du Jutland sont plus communes encore sur celles de Schleswig. Les arbres y sont enfouis dans une vase argileuse marine. La carte d'Austen montre partout, des deux côtés de la Manche, de ces amas de végétaux qui tendent à prouver que les îles Britanniques tenaient au continent à une époque peu ancienne. Dans le canal de Kodal,

(1) *Ann. des Sciences naturelles*, 4e série, Botanique, vol. VII; 1857.

en Jutland, et sur d'autres points du Danemark, les bois qui les constituent sont le Bouleau d'abord, puis le Chêne et le Pin. Ils sont surmontés de dépôts coquilliers jusqu'à 5 et 6 mètres au-dessus de l'eau, tandis que ceux de la Manche sont au-dessous de ce niveau, circonstances qui prouveraient un soulèvement dans le premier cas et un abaissement dans le second.

Les tufs calcaires sont constitués non plus par des arbres, mais par des feuilles encroûtées de carbonate de chaux. L'Érable et le Chêne, le Saule, le Bouleau et le Pin y dominent. Dans les tufs de Lund sont des feuilles d'Orme, de Pin, d'Aune, de Noisetier et de Saule (*Salix capræa*, *aurita* et *repens*).

Les tourbières existent surtout entre Copenhague et Elseneur. « Aucun pays d'Europe ne possède des accumulations séculaires « de végétaux qui se prêtent aussi bien aux recherches, soit « que l'on ait pour but de connaître les plantes dont la tourbe « est formée, soit qu'on se propose de découvrir, par les débris « des arbres qui s'y trouvent, quelles espèces croissaient sur « les collines environnantes, à l'époque où les bassins maré- « cageux se comblaient par la réunion des plantes qui s'y con- « vertissaient en tourbe. » La quantité des troncs d'arbre morts y est prodigieuse, et, quoique, depuis trente ans, ils aient été exploités par millions, leur nombre ne semble pas avoir diminué. Cependant ils n'ont point contribué à la formation de la tourbe, uniquement due aux cypéracées et aux mousses. Les diverses essences d'arbres ne sont point d'ailleurs toutes contemporaines; on peut y reconnaître une certaine succession, ainsi que l'a constaté M. Steenstrup pour les tourbières des environs de Copenhague.

Les anciennes forêts du pays, surtout celles du Jutland, étaient composées d'un mélange de conifères et d'arbres à feuilles caduques, parmi lesquels le Bouleau était le plus commun. Puis vint le Chêne. Le Pin silvestre, le Tremble, le Saule, le Noisetier, l'Orme et l'Érable n'avaient, comme aujourd'hui, qu'une importance secondaire. L'Aune, le Bouleau et une seconde espèce de Pin croissaient dans les marais.

Le Hêtre manquait alors tout à fait, tandis qu'aujourd'hui

il domine dans toutes les forêts du pays. Il manque également dans les tourbières, les tufs calcaires et les forêts sous-marines. Le Pin, qui, au contraire, n'appartient plus à la flore danoise, était très-commun dans les tourbières. On sait que le Hêtre n'existe pas non plus dans les tourbières de Hollande, d'Angleterre et de Normandie, régions dans lesquelles il s'est répandu en venant de l'Europe centrale.

« Ainsi, dit M. Vaupell, au commencement de la période géologique actuelle l'Allemagne septentrionale, le Danemark, les Pays-Bas, l'Angleterre et le nord de la France étaient couverts de Bouleau, de Pin et plus tard de Chêne. Ces arbres se disputèrent longtemps la suprématie avant que le Hêtre lui-même prît part à la lutte. Ce ne fut que lorsque le sol fut devenu moins humide, peut-être par suite des travaux de l'homme, et qu'il eût été suffisamment fertilisé par les détritus des végétations antérieures, que le Hêtre commença à se montrer. Ses progrès furent lents d'abord, mais chaque siècle en augmenta la puissance. Son domaine est aujourd'hui fort étendu et il s'accroîtra encore jusqu'à ce qu'il ait atteint ces contrées stériles ou marécageuses où il ne saurait vivre et qui seront le dernier asile des Pins et des Bouleaux. »

On a vu que les tourbières émergées avaient ordinairement une plus grande épaisseur que celles qui se trouvent sous l'eau ; la température la plus favorable à leur développement, continue M. Lesquereux, est, dans ce cas, une moyenne annuelle de 5° à 8° cent., et l'on en trouve rarement là où cette moyenne dépasse 10°. Le développement est en raison du plus ou moins d'humidité de l'atmosphère. « Les montagnes et les vallées de « l'Irlande, les chaînes de l'Europe centrale, les Cévennes, les « Vosges, le Jura, la Forêt-Noire, le Harz, les Alpes même « nous offrent de ces marais tourbeux émergés, et beaucoup « sans doute sont encore inconnus. »

Nous n'avons point à nous occuper ici de l'influence des marais tourbeux sur l'origine des sources, sur la température et la salubrité de l'air, non plus que sous les points de vue chimique, économique, industriel ou technique, mais les rela-

tions qui existent entre les divers combustibles minéraux, soit fossiles, soit modernes, ont suggéré à M. Lesquereux des remarques dont nous croyons utile de reproduire ici celles qui se rattachent directement à l'objet de nos études.

Origine et mode de formation des dépôts de combustibles végétaux.

Les amas de combustibles végétaux n'ont pu être formés que de deux manières, soit par des dépôts que l'auteur appelle *extérieurs* et *accidentels*, et que nous croyons mieux désignés en les appelant *dépôts par voie mécanique*, soit par l'entassement successif de végétaux qui ont crû et sont morts sur les lieux mêmes où on les trouve enfouis. Toutes les tourbières sont dans ce dernier cas.

Les dépôts de lignites tertiaires comme les houilles secondaires ne seraient en général que le résultat du charriage des végétaux par les grands cours d'eau, ou réunis et entassés par quelques circonstances fortuites, locales, d'une durée plus ou moins limitée. Les véritables dépôts houillers de la période carbonifère auraient été, au contraire, formés à la manière des tourbes actuelles, ce que M. Lesquereux s'attache à démontrer par les caractères des végétaux des uns et des autres.

Les cryptogames, en effet, dominent dans tous deux; les phanérogames monocotylédones viennent ensuite, et les dicotylédones ne paraissent entrer pour rien dans la composition de ces dépôts; mais on peut remarquer que, si les cryptogames composent en grande partie la tourbe comme la houille, il y a cependant cette différence essentielle, relativement à ce que nous dirons tout à l'heure, que ceux de la tourbe sont propres aux zones froides ou tempérées et que ceux de la houille appartiennent, au contraire, à des formes essentiellement tropicales, de sorte qu'à l'époque houillère les dépôts qui se formaient d'une manière analogue à la tourbe pouvaient se produire avec des conditions de température et des végétaux qui actuellement ne donnent plus lieu à de la tourbe, puisqu'il ne s'en forme pas sous les tropiques, régions où se développe seulement la végétation la plus analogue à celle du terrain houiller.

D'un autre côté, il y a entre ces dépôts, si éloignés dans le

temps, des rapports qui ont pu échapper à un botaniste, mais qu'un géologue n'aurait pas négligés : c'est que, de même qu'il y a des tourbières de montagnes, des tourbières de plaines ou lacustres et des tourbières marines, de même il y a des houilles formées loin de la mer, à une plus ou moins grande élevation et exclusivement lacustres, et d'autres qui se sont déposées dans le voisinage immédiat des eaux salées ou dans ces eaux elles-mêmes.

Un caractère commun à la houille et à la tourbe plus important encore, et que n'offrent point les lignites secondaires ou tertiaires, c'est la continuité et le parallélisme des couches les plus minces sur d'immenses étendues, tandis que les autres amas charbonneux sont plus ou moins discontinus, quoique souvent à un même niveau, et très-variables à ce niveau dans leur composition, leur épaisseur et les alternances avec d'autres couches de nature différente, et cela à de petites distances. Ces derniers caractères sont d'ailleurs parfaitement en rapport avec les variations et les irrégularités des circonstances mécaniques sous l'empire desquelles nous supposons que la plupart de ces amas de végétaux ont été accumulés.

Mais un rapprochement ingénieux que l'on doit à M. Lesquereux, c'est que les zones superficielles ou géographiques, dans lesquelles est renfermée la formation des tourbes actuelles dans les deux hémisphères, sont à peu près les mêmes que celles de la formation des matières combustibles des temps anciens. A mesure qu'on descend vers le sud de l'Europe les dépôts houillers disparaissent ou sont peu puissants. Dans l'Europe occidentale, on ne voit plus de houille en dehors des limites où la tourbe cesse de se produire aujourd'hui, et dans le Nord on remarque que les couches de charbon diminuent d'épaisseur, quoique le système auquel elles appartiennent prenne une grande extension horizontale, et les marais tourbeux de la zone glacée, sur des surfaces immenses, n'offrent à peine que quelques pouces de véritable tourbe. La vraie région de la tourbe serait donc la même que celle de la houille ! Des faits analogues s'observent dans le nouveau continent, et, dans

l'hémisphère sud comme dans l'hémisphère nord, la houille pas plus que la tourbe n'a été rencontrée entre les tropiques.

Souvent des observateurs ont mentionné comme des dépôts tourbeux des amas de bois, plus ou moins anciens et plus ou moins altérés, passant au lignite, en formant des couches limitées et dues par conséquent à une tout autre cause que la véritable tourbe. Nous pensons qu'un examen attentif de semblables dépôts suffira toujours pour les faire reconnaître.

Quant à chercher, dans la distribution plus détaillée des dépressions occupées par la tourbe, des rapports avec la forme des anciens bassins houillers, c'est, suivant nous, aller au delà des faits réellement connus, car les reliefs des continents ont été trop modifiés entre les deux périodes pour qu'on admette la justesse de certaines vues que l'accord de quelques faits isolés ne suffit pas à démontrer.

Quoi qu'il en soit, on peut dire qu'à aucune autre époque nous n'observons de phénomènes absolument semblables, par leur généralité et par leurs caractères propres, à ceux que nous dévoilent, sur des échelles sans doute bien différentes, soit dans l'espace, soit dans le temps, la *période houillère* et la période actuelle, que l'on pourrait, avec presque autant de raison, appeler la *période tourbeuse* et plutôt que l'*ère des dunes*, comme on a proposé de la désigner. En effet, les dunes de sable, qui sont particulières aux côtes et dans certaines conditions, sont un phénomène de tous les temps, puisqu'elles résultent de causes physiques qui ont dû se produire dès qu'il y a eu des terres d'une certaine étendue et des plages de sable; ensuite ce phénomène est propre à quelques points du littoral; enfin il n'a aucun caractère organique qui puisse servir à le faire reconnaître pour le classer dans la série des âges.

A quelle époque remonte la formation des tourbières?

L'ancienneté des dépôts tourbeux remonte, suivant toute probabilité, comme celle des dunes, au commencement de la période actuelle, et nous avons, pour appuyer cette opinion, le fait général que, malgré leur position si fréquente dans les dépressions du sol, au fond des vallées, le long des plages

basses qui bordent la mer, nulle part ils ne sont recouverts par les dépôts de transport diluviens ou quaternaires même les plus récents. C'est là un caractère stratigraphique essentiel et qui lève toute incertitude à cet égard.

A en juger par leur mode de formation et par la proportion de leur accroissement, un des auteurs que nous avons cités les fait remonter à 6000 ans, sans doute pour mettre ce chiffre d'accord avec de vagues données historiques ou traditionnelles; mais il nous semble plus naturel, et plus conforme à celles déduites de l'observation directe, de dire, avec M. Lesquereux, et sans avoir la prétention de fixer un chiffre même approximatif, que la formation de la tourbe date de l'ère actuelle et qu'elle a dû commencer dans les régions indiquées, après la cessation des derniers phénomènes diluviens. Le développement de la tourbe ne peut pas d'ailleurs servir de chronomètre absolu, à cause de sa variabilité suivant les lieux, les conditions physiques, la nature de la végétation, etc.

L'examen des restes d'animaux fossiles rencontrés jusqu'à ce jour dans les tourbières vient de tout point confirmer cette manière de voir. Les restes de mollusques terrestres, fluviatiles, lacustres ou marins appartiennent tous à des espèces vivant encore dans le pays; ce sont des Bulimes, des Limnées, des Succinées, des Planorbes, des Paludines, des Valvées, des Cyclades, des Hélices, des Clausilies, des Maillots, avec des graines, des noisettes, des bois de dicotylédones et de conifères, etc. Il en est de même des insectes. Parmi les restes de vertébrés, ce sont des ossements de Hérisson, de Taupe, de Chien, de Loutre, de Castor, de Sanglier, de Cheval, de Cerf, de Chevreuil, de Bœuf, d'Aurochs, de Renne et d'Ours, suivant les diverses localités. Quelques-unes de ces espèces cependant ne vivent plus aujourd'hui sur les lieux mêmes; ainsi le Castor trouvé dans les tourbières du département de l'Oise et de celui de la Somme n'est plus connu dans le pays, et est même très-rare dans la vallée du Rhône.

Une espèce de Cerf ou d'Élan, désignée par Cuvier sous le nom de Cerf à bois gigantesque (*Cervus megaceros*, Cerf des

tourbières, ou *Megaceros hibernicus*), n'appartient pas réellement à l'époque actuelle. Lorsque l'on compare avec soin les détails donnés sur les gisements où ces restes ont été rencontrés, on voit que c'est toujours, non pas dans la tourbe, mais dans une marne blanche placée au-dessous, et cela en Irlande, où il a été d'abord observé aussi bien qu'en Écosse et dans le Yorkshire. Sur le continent, tant en France qu'en Allemagne et en Italie, il n'a jamais été cité dans les tourbières, mais bien dans les dépôts de transport quaternaires des vallées, quelquefois même avec des restes d'Éléphant. Aussi Cuvier a-t-il eu raison de dire, en parlant des débris de ce Cerf, que leur situation était exactement la même que celle des ossements de l'Éléphant fossile, et l'on sait, en effet, que près de Sévran, dans la forêt de Bondi, des restes de ces deux grands mammifères ont été trouvés ensemble.

On rencontre aussi fréquemment, dans les parties récentes des tourbières des vallées, des débris d'industrie humaine, des vases, des poteries, des armes, des monnaies anciennes, des médailles, etc.

Ainsi, par leur disposition géographique, leurs relations stratigraphiques, l'intégrité de leurs caractères physiques partout, comme par les débris d'animaux et les restes d'industrie humaine qu'elles renferment, nous avons tout lieu de croire que les tourbières sont postérieures aux dépôts quaternaires et appartiennent à l'époque actuelle. Il existe à la vérité, en Danemark, des tourbières surmontées par des dunes, mais cette circonstance prouve seulement que ces dernières ont envahi les marais tourbeux, comme elles envahissent de nos jours des villages entiers et les terres cultivées qui se trouvent dans la direction de leur mouvement. Résumé.

Nous avons vu, à peu d'exceptions près, les restes d'animaux produire dans la mer des dépôts de quelque importance; à la surface des continents et des îles, ce sont seulement les végétaux qui donnent lieu à des couches de quelque épaisseur. Dans le premier cas, ce sont les organismes les plus inférieurs qui concourent le plus efficacement à ce résultat; dans le second,

ce sont généralement aussi les plantes les plus simples qui forment les couches de combustible; et ce que nous déduisons ici des phénomènes actuels peut s'appliquer encore à toutes les périodes de l'histoire de la Terre.

§ 2. Distinction des époques moderne et quaternaire.

Nous ferons suivre l'exposé des phénomènes organiques de l'époque actuelle de quelques réflexions sur la nécessité de conserver sa distinction et sa séparation d'avec celle qui l'a précédée immédiatement.

Quelques zoologistes, ne tenant aucun compte des phénomènes physiques si remarquables, si complexes, et en même temps si particuliers et si généraux de l'époque quaternaire, ne prenant en considération qu'un côté de la paléozoologie, celui naturellement dont ils s'occupent, ont cru pouvoir dire que cette époque n'existait pas comme distincte de l'époque moderne. Raisonner ainsi, c'est, suivant nous, méconnaître à la fois les principes que nous jugeons par les faits avoir présidé à la succession graduelle des êtres dans le temps et les résultats des causes dont ces principes sont indépendants.

Pour nous qui cherchons à voir dans la série des âges de la nature quelque chose de plus que de simples questions d'espèces animales ou végétales, nous trouvons précisément dans l'organisation de cette époque le degré d'analogie que l'on pouvait lui assigner *a priori* par la place qu'elle occupe entre le terrain tertiaire supérieur et le terrain moderne. Elle nous montre sans doute plus de ressemblance avec ce qui nous entoure que les dernières faunes et les dernières flores tertiaires, et cela devait être, car les différences sont en raison des temps, et par conséquent d'autant moins prononcées que ceux-ci sont plus rapprochés. Mais se fonder sur ces analogies, sur des identités mêmes que nous reconnaissons pour réunir les deux époques en une seule, c'est une erreur aussi manifeste que si

on les réunissait elles-mêmes à la période tertiaire supérieure, parce qu'il y avait également dans celle-ci un certain nombre d'espèces de mollusques et d'autres animaux qui vivent encore.

On oublie, en outre, ces phénomènes physiques si caractéristiques de l'époque quaternaire, qui ne s'étaient point manifestés auparavant avec cette généralité et qui ne se sont pas reproduits depuis. Jetons, en effet, un coup d'œil sur les plages qui bordent les mers, sur les deltas qui se forment à l'embouchure des fleuves, sur les cordons littoraux, sur les dunes, sur les alluvions des rivières, les dépôts des lacs, sur les tourbières, et joignons-y l'examen des produits *anté-historiques* de l'industrie humaine dont nous parlerons tout à l'heure, et nous acquerrons la preuve qu'il ne s'est passé, quels que soient les milliers d'années depuis lesquels cet état de chose subsiste, aucun changement notable à la surface de notre planète, rien qui ait sensiblement troublé la marche et l'ordre normal des faits organiques et inorganiques. Nous trouvons donc dans ces circonstances une limite parfaitement naturelle pour distinguer cette période de calme de celle qui l'a précédée et dont nous savons que tant de phénomènes divers ont marqué la durée.

Peu importe que l'homme ait apparu avant ou après cette limite; ce n'est pas sur cette circonstance isolée et fort obscure, sans relation comme sans influence par rapport aux faits généraux qui se produisaient en même temps dans les deux hémisphères, que l'on serait en droit d'établir une classification. Il y a plus, c'est que l'espèce humaine pourrait moins que toute autre servir à caractériser une époque; aucune ne nous montre une enfance aussi longue, aucune n'a mis autant de siècles à développer et à manifester ses caractères propres, ceux qui devaient lui assurer à la fin, au moins dans quelques-unes de ses races, une suprématie réelle sur tous les autres organismes.

Que l'*Elephas primigenius*, le *Rhinoceros tichorhinus*, l'Ours et l'Hyène des cavernes, le *Machairodus*, l'*Hippopota-*

mus major, le *Bos primigenius*, l'Aurochs, le *Cervus megaceros*, l'*Elasmotherium*, le *Trogontherium*, etc., qui peuplaient le nord et l'ouest de l'ancien continent, que les Mastodontes, les *Megalonyx*, les *Mylodon*, les *Megatherium*, les *Scelidotherium*, les *Glyptodon*, les *Chlamydotherium*, et autres édentés, qui, avec les *Macrochenia*, les *Toxodon*, les *Myopotamus*, etc., parcouraient les immenses solitudes du nouveau monde, que les *Macropus Titan* et *Atlas*, les *Diprotodon*, les *Nothotherium*, le *Thylacoleo* et autres marsupiaux qui, avec d'énormes lézards (*Megalania*), habitaient la Nouvelle-Hollande, en même temps que les *Dinornis*, les *Palapteryx*, le *Notornis*, ces oiseaux aptères tridactyles habitaient la Nouvelle-Zélande et l'*Æpyornis* les vallées de Madagascar ; que tous ces vertébrés, disons-nous, plus grands que leurs congénères actuels, qui apparaissent à un moment donné pour régner dans des régions géographiques distinctes et disparaître ensuite, soient regardés comme caractérisant les dépôts qui renferment leurs dépouilles et conservent les traces de leur passage, cela se conçoit, et rien n'est plus rationnel ; mais que les êtres qui fabriquaient ces grossiers silex sur les bords de la Tamise, de la Somme, de la Seine, de la Loire, de la Garonne, du Manzanarès, etc., dont à peine quelques ossements sont retrouvés aujourd'hui, soient considérés au même titre, c'est ce à quoi se refuse le plus simple bon sens.

Ces traces mêmes de l'existence de l'homme ne se montrent encore avec certitude que dans les derniers dépôts de cette période, longtemps après les phénomènes physiques qui en ont marqué le commencement ; elles sont donc loin de pouvoir servir de *criterium* dans la série des temps. En un mot, l'espèce humaine ne peut être ce que l'on appelle en géologie une *espèce caractéristique*, mais elle possède assez d'autres avantages pour qu'elle n'ait pas à regretter celui-là.

Il est sans doute fort extraordinaire que parmi les animaux inférieurs marins, d'eau douce et terrestres, ainsi que parmi les petites espèces dans les ordres élevés de vertébrés, le plus grand nombre ait échappé aux causes qui ont détruit toutes

ces populations gigantesques propres aux diverses régions de la terre où elles avaient précédé leurs représentants dégénérés de nos jours. C'est un fait digne de la plus sérieuse attention, mais qui ne détruit pas tous les autres, et nous ne pouvons encore, pour expliquer cette apparente anomalie et nous rendre compte des circonstances qui l'ont produite, que faire allusion, avec un célèbre paléontologiste anglais, à cet ingénieux apologue de notre immortel la Fontaine, à la fable *le Chêne et le Roseau.*

CHAPITRE VIII

PREUVES DE L'EXISTENCE DE L'HOMME AVANT LES TEMPS HISTORIQUES

Observations générales.

Il y a peu d'années encore nous eussions pu terminer, par les sujets traités dans le chapitre précédent, l'examen des faits de l'époque actuelle qui se rapportent directement ou indirectement à notre Cours; mais des recherches entreprises récemment dans des voies nouvelles ont conduit à des résultats, peu complets sans doute, mais que nous devons néanmoins exposer, en mettant dans nos conclusions une réserve que commande tout ce qui reste à éclaircir.

Jusque dans ces derniers temps, la contemporanéité de l'homme avec les espèces éteintes de grands mammifères dont les débris sont enfouis dans les sables, les graviers et les cailloux qui remplissent le fond des vallées comme dans le limon des cavernes, avait été non-seulement révoquée en doute, mais encore niée complétement. Cuvier avait dit, il y a quarante ans : « L'homme fossile n'existe pas, » et il avait alors parfaitement raison dans le sens propre du mot tel que nous l'entendons; mais il n'en fallut pas davantage pour que ses élèves et ses continuateurs répétassent cette assertion comme une vérité qui ne pouvait être mise en doute et que l'avenir ne pouvait infirmer, pour qu'ils élevassent à la hauteur d'un dogme ce qui n'était que l'expression pure et simple de l'état des connaissances à ce moment.

On avait bien, il est vrai, signalé quelques exemples d'ossements humains ou de restes d'industrie humaine dans certaines cavernes de l'Europe et de l'Amérique du Sud, mais ils avaient été attribués à des mélanges accidentels, postérieurs aux dépôts dans lesquels se trouvaient les débris d'animaux éteints, ou bien à des erreurs d'observation, et la parole du maître conservait toute sa valeur, comme si une simple négation devait prévaloir contre des faits et arrêter la marche de la science. Mais ce qu'il y a de plus singulier, c'est qu'il ne s'éleva aucune opposition, lorsque, contrairement aussi à ce qu'avait dit Cuvier d'une manière très-péremptoire, on annonça la découverte de quadrumanes fossiles dans plusieurs terrains et dans plusieurs pays; aussi pourrait-on croire que la question scientifique n'est pas la seule dont se préoccupent les personnes qui s'abritent ainsi derrière l'opinion de notre grand anatomiste.

Quoi qu'il en soit, l'attention des géologues a été appelée depuis quelque temps, non pas seulement sur l'existence d'ossements humains mélangés avec des restes d'espèces perdues, ce qui est encore un fait très-rare, mais sur la présence plus ou moins fréquente de pierres, ordinairement en silex, grossièrement taillées en forme de coin arrondi ou de hache, ou bien sous d'autres formes, au milieu de dépôts de transport des vallées, ayant tous les caractères de ceux de l'époque quaternaire.

Ces objets, par leur multiplicité sur certains points, leur ressemblance, leur identité même dans des pays fort éloignés, par l'impossibilité d'attribuer leurs formes à une autre cause qu'à la main de l'homme, ont fait naturellement conclure que l'espèce humaine avait apparu sur la terre avant la formation de ces dépôts et avait été par conséquent contemporaine des Éléphants, des Rhinocéros, des Hyènes, des Ours, des Hippopotames, du grand Cerf et autres espèces perdues qui s'y trouvent enfouies. Nous ajouterons toutefois que, excepté dans les cavernes dont les gisements n'ont pas toute la certitude ni toute la régularité des grands dépôts de sable et de cailloux des plaines et des vallées, aucun reste d'os humain n'avait

été authentiquement trouvé associé à la fois à des traces d'industrie humaine et à des restes de grands mammifères éteints (1).

L'examen de cette question qui nous intéresse si vivement, puisqu'elle tend à faire remonter l'arrivée de l'homme sur la terre plus haut qu'on ne le pensait, appartient par conséquent à l'époque quaternaire, et nous en traiterons, en effet, lorsque nous nous occuperons des dépôts de cet âge. Mais il est arrivé qu'à peu près vers le même temps les archéologues de certains pays découvraient de leur côté de nombreux objets d'industrie humaine, de beaucoup antérieurs à toute tradition écrite, quoique certainement plus récents que les phénomènes diluviens, de sorte qu'il y a pour nous nécessité de connaître les caractères de ces objets travaillés, et surtout les circonstances dans lesquelles ils ont été et sont encore journellement recueillis, afin de pouvoir les comparer et de saisir les relations, s'il en a existé, entre les populations humaines qui auraient été antérieures aux dépôts de transport des vallées et celles qui sont venues ensuite.

On voit que l'archéologie, la géologie et la paléontologie se trouvent ici sur leurs limites respectives et qu'elles peuvent s'éclairer mutuellement. Nous ne devons donc négliger aucune des ressources que chacune d'elles peut nous offrir pour nous aider à résoudre le problème de l'origine de l'homme et de ses premiers établissements à la surface de notre planète.

Pour cela nous examinerons successivement et comme appartenant encore à l'époque actuelle :

1° Les restes d'industrie humaine enfouis dans des dépôts marins aujourd'hui plus ou moins élevés au-dessus de la mer ;

2° Des amas de débris provenant du mode de nourriture des premières populations du nord de l'Europe ;

(1) Cette leçon est antérieure à la découverte de la mâchoire fossile dans le dépôt de Moulin-Quignon, près d'Abbeville. Voy. sur ce sujet : *Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme dans le nord de la France.* Broch. in-8. F. Savy, 1863.

3° Les marais tourbeux du Danemark, dont les périodes de végétations successives, distinctes, servent de chronomètres naturels;

4° Les habitations lacustres de divers pays, et particulièrement de la Suisse;

5° Les ouvrages en terre des peuplades primitives de l'Amérique du Nord.

§ 1. Restes d'industrie humaine dans les anciens dépôts marins.

Nous avons déjà signalé des plages soulevées dans la période actuelle, le long du littoral des îles Britanniques, de la Suède, de la Méditerranée, de la mer Rouge, sur le pourtour de plusieurs îles de la Nouvelle-Guinée, aux îles Sandwich, sur la plupart des côtes d'Amérique, etc., (*antè*, p. 306-312). Nous avons même cité des poteries et d'autres objets d'industrie humaine dans des roches de formation moderne, associés avec les coquilles qui vivent encore dans le voisinage, particulièrement sur les côtes de l'Afrique septentrionale et de la Grèce. Mais ces preuves de l'existence de l'homme, antérieures à ces dépôts, pouvaient être rapportées à une date historique plus ou moins ancienne, tandis qu'il n'en est pas de même des faits dont nous allons nous occuper et auxquels ne se rattache aucune tradition locale.

En 1848, M. Robert Chambers publia un ouvrage intitulé *Anciens bords de la mer, ou preuves des changements de niveau relatif de la mer et des terres*, ouvrage dans lequel il rassembla de nombreuses preuves à l'appui de son opinion. Il avait constaté, particulièrement le long des côtes d'Écosse, l'existence d'un ancien niveau de la mer à 13^{m},50 au-dessus de son niveau actuel, et de plus un certain nombre de niveaux intermédiaires entre ce maximum et celui de nos jours. Peut-être l'auteur s'est-il un peu hâté de généraliser ses vues, mais tout semble concourir à les faire adopter au moins en principe. Les dépôts de Écosse.

sable, de gravier et de coquilles modernes qu'on remarque sur beaucoup de points du littoral des Iles Britanniques ne permettent pas de douter du peu d'ancienneté des changements de niveau dans diverses localités. Cependant, jusqu'en 1861 on n'avait guère de preuves que ces changements fussent contemporains de l'établissement des hommes dans le pays; ou plutôt on n'avait pas appliqué à cette idée celles que le hasard avait fournies.

Le long des bords de la Clyde, à Glasgow, on remarque une sorte de terrasse, parfaitement nivelée, de largeur variable et à $7^{m},82$ au-dessus de la haute mer. Elle est composée d'argile alluviale, de vase, de sable avec des lits de coquilles. C'est évidemment un dépôt d'estuaire, de sorte qu'on est en droit d'en conclure que le lit de la rivière et ses bords ont été élevés depuis sa formation, et, dit M. Geikis (1), si l'on trouve enfoui dans ce dépôt, sans aucune apparence de dérangement, des traces de l'industrie humaine, on sera autorisé à croire que l'élévation est contemporaine de l'homme.

Eh bien, depuis 80 ou 90 ans, 18 canots ont été retirés de ce dépôt, et quelques-uns mêmes sous les rues de la ville en faisant des fondations. Les découvertes les plus importantes eurent lieu lors de l'agrandissement et du creusement du port. On en tira 12 qui, à deux exceptions près, étaient faits chacun avec un tronc de chêne; 2 avaient été creusés au moyen du feu, d'autres à l'aide d'instruments grossiers, tels que des haches en pierre. Quelques-uns, qui avaient été travaillés, évidemment avec des outils en fer, permettaient de suivre les progrès de la construction de ces canots depuis les temps les plus barbares jusqu'à un certain degré de civilisation.

La profondeur moyenne à laquelle ces barques se trouvaient au-dessous de la surface du sol était de $5^{m},76$, et elles étaient à $2^{m},12$ au-dessus des plus hautes marées de nos jours. La dernière que l'on ait retirée de ce dépôt était sous l'emplacement d'un ancien hôtel de la ville, à $6^{m},70$ au-dessus de la plus haute marée de la rivière. Elles étaient toutes à plus de

(1) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. XVIII, p. 218; 1862.

100 mètres en arrière de l'ancien bord de celle-ci et entourées d'une masse de sable épaisse et divisée en lits minces.

Deux de ces canots étaient construits avec des planches; celui qui était le plus perfectionné dans toutes ses parties avait 5^{m},46 de long sur 1^{m},52 de large; lorsqu'on le découvrit, il était renversé la quille en dessus et la proue tournée vers la rivière. Les planches étaient fixées à la membrure par des chevilles, et sans doute par des clous de métal dont les trous étaient carrés et dont on voyait encore l'empreinte de la tête à la surface du bois, mais tous avaient disparu. Celles des chevilles qui restaient étaient d'ailleurs fort ingénieusement travaillées et fixées. Quelques objets d'industrie ont été recueillis au fond de ces bateaux.

De la place qu'ils occupaient on ne pouvait pas conclure absolument ni leur contemporanéité ni leur ancienneté relative, à cause des circonstances très-variables de leur enfouissement dans un golfe où, comme l'embouchure de la Clyde, le mouvement des grandes marées déplace souvent les vases et les sables du fond avec les objets qu'ils renferment. Mais d'après leurs caractères, on peut juger que la plupart de ces barques appartiennent à l'époque primitive où les hommes de ces contrées n'avaient pas encore appris à travailler les métaux et ne connaissaient que les instruments de pierre les plus grossiers, tandis que quelques-unes datent d'une époque sans doute plus récente où déjà le bronze et le fer étaient employés.

Un bateau trouvé à Boukton, en 1853, dans les mêmes circonstances, avait la forme des galères de l'antiquité, et des restes de morceaux de liége qui étaient au fond ont fait penser à l'auteur que ce pouvait être un bâtiment venu des bords du Tibre ou des côtes d'Italie. Néanmoins le soulèvement de tout l'estuaire de la Clyde, à 7 mètres au-dessus des plus hautes marées, est un fait évidemment postérieur à l'établissement de l'homme dans le pays.

Sur la côte orientale de l'île, dans le firth de Forth, on observe une zone d'alluvion soulevée, semblable à celle de la Clyde; c'est particulièrement la plaine appelée Carse de Falkirk

qui se trouve à 6 et 7^m,50 au-dessus des hautes marées. Une autre plaine partant de Stirling, et désignée sous le nom de Carse de Stirling, suit les bords de la rivière l'espace de 16 à 18 milles. A diverses reprises, on a trouvé près de Stirling, à Dunmore, à Blair-Drummond, à 7 mètres au-dessus des plus hautes marées et dans l'intérieur des terres, des squelettes entiers de baleines. Sur ce dernier point, et à Airthrey, également dans la vase ou l'argile endurcie, on a rencontré des bois de Cerf perforés, deux harpons, dont l'un avait encore un manche en bois qui servait à le manier.

Les circonstances dans lesquelles tous ces restes ont été observés ne laissent point douter que le sol de cette région n'ait été soulevé, depuis l'arrivée de l'homme, comme celui des environs de Glasgow, et, en effet, les alluvions du Forth renfermaient des canots dont quelques-uns étaient semblables aux précédents. Ainsi on en a déterré, non loin de Falkirk, à 9 mètres de profondeur. Plus anciennement, dans la berge de la rivière Carron, à 4^m,57 au-dessous du sol superficiel et recouvert de lits parfaitement réguliers d'argile, de tourbe, de coquilles et de gravier, gisait un canot de 11 mètres de long sur 1^m,21 de large, bien travaillé dans toutes ses parties, formé d'un seul tronc de chêne avec l'éperon pointu ordinaire et la poupe carrée.

Le firth ou embouchure de la Tay, situé au nord du précédent, est aussi bordé de plaines unies, désignées sous le nom de Carse de Gowrie, et dont l'élévation au-dessus de la mer est la même que celle des plages soulevées de la Clyde et du Forth ; elle est aussi composée d'argile, de sable, de gravier et de lits de coquilles, témoignant d'un soulèvement récent de 6 à 9 mètres. On y a trouvé de même des preuves que ce phénomène est postérieur à l'établissement de l'homme. Un crochet de bateau en fer a été retiré de 2^m,50 de profondeur dans un gravier parfaitement stratifié. Il provenait d'un bâtiment marchand ou peut-être d'un petit bâtiment de guerre de 3 ou 4 tonnes.

Les traditions du pays, les noms des parties élevées du sol rappelant toujours par leur étymologie une position insulaire, les

caractères des objets trouvés dans le sol, comme la composition et la situation de celui-ci, tout concourt à démontrer que ces plaines de niveau ont été gagnées sur le domaine de la mer dans la période moderne et peut-être en partie depuis les temps historiques.

Suivant M. Smith de Jordan Hill, aucun changement relatif de niveau ne se serait produit depuis la construction de la muraille d'Antonin ; mais M. Geikis s'attache à faire voir que de la position qu'occupent aujourd'hui les extrémités de cette muraille on pourrait en déduire une élévation du sol, et il conclut à la fois des données archéologiques et des observations directes, que le soulèvement de ces côtes doit avoir eu lieu longtemps après l'établissement des hommes dans l'île, après l'introduction des instruments de métal et même de fer ; enfin il ne voit aucun motif pour qu'il ne soit pas regardé comme postérieur à l'occupation romaine qui marquerait la limite de son ancienneté.

Quoi qu'il en soit, ce qui nous intéressait ici était l'existence de traces de l'homme paraissant être antérieures à l'usage des métaux et particulièrement du bronze, qui nous servira de chronomètre marquant un âge intermédiaire entre celui où les pierres seules étaient en usage et celui où le fer fut connu.

D'autres lignes indiquées par des plages soulevées s'observent encore sur la plus grande partie des côtes de l'Écosse, mais on n'a cité de produits d'industrie que dans les trois districts décrits par M. Geikis. Cette élévation se serait d'ailleurs également produite dans les parties centrales de l'île qui joignait celles dont nous avons parlé.

Dans son mémoire *Sur les preuves d'une élévation graduelle du sol de certaines parties de la Suède* (1), M. Lyell a d'abord rappelé que l'abaissement des eaux de la Baltique et même de tout l'Océan du Nord avait été signalé par Celsius, il y a plus de cent ans, et estimé alors à 40 pouces suédois ($0^{m},989$) par Scandinavie.

(1) *Transact. phil. Soc. of London*, 1835. — Traduction française, par M. Coulon (*Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Neuchâtel*, vol. I. *Bull. bibliographique*, p. 1 ; 1836.) — *Rep. 4th Meet. brit. Assoc.*, p. 652. Voyez aussi de Meyendorf, *Bull. Soc. géol. de France*, 1re série, vol. X, p. 79 ; 1837.

siècle. En 1802, Playfair pensa que ces changements devaient être attribués plutôt au sol qu'aux eaux, et L. de Buch émit la même opinion en 1807. Des observations faites ensuite régulièrement mirent le fait hors de doute, et M. Lyell en a trouvé de nouvelles preuves au pied du château de Calmar, et surtout autour de Stockholm.

Ainsi il a recueilli, dans des monticules de sable et de gravier stratifiés, des coquilles identiques avec celles qui vivent dans les mers actuelles, telles que le *Cardium edule*, la *Tellina baltica* et le *Mytilus edulis*. Cette dernière espèce forme à elle seule des bancs que sa décomposition colore en une teinte violette très-prononcée. Plusieurs de ces amas de coquilles se trouvent à 21 et même 27 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer. Dans la vallée de Sœdertelje, dont les pentes sont de gneiss, le dépôt coquillier récent constitue une plate-forme horizontale de 21 mètres au-dessus du canal et qui offre la même disposition que celle des marnes sub-apennines.

En ouvrant les canaux qui font communiquer le lac Mœler avec la mer, on trouva plusieurs vaisseaux qui y étaient enterrés et qui paraissaient être d'une haute antiquité. Une colline, coupée pour creuser le canal inférieur, renfermait une habitation construite en bois, et qui fut découverte à 15 mètres de profondeur, ensevelie sous des sables, des argiles et du gravier stratifiés. D'après l'examen des lieux, le célèbre géologue anglais pense que cette cabane a été submergée par les eaux de la Baltique, à une profondeur de 19^{m},50, et que, avant d'être soulevée à sa hauteur actuelle qui se trouve à peu près au niveau de la mer, elle avait été recouverte de couches de plus de 18 mètres d'épaisseur totale.

Des strates argileux, avec *Tellina baltica*, ont été reconnus jusqu'à une distance de 80 milles des côtes, et les environs d'Upsal, qui, comme ceux de Stockholm, sont formés de granite et de gneiss, sont en partie recouverts par des dépôts plus récents et des blocs erratiques. On y voit également des *ösars* dirigés N. S., s'élevant à plus de 30 mètres au-dessus de la rivière et composés de couches minces de sable, d'argile et de gravier,

tantôt horizontales, tantôt très-inclinées et traversées par des fissures verticales. Près du château d'Upsal et vers le haut de la colline, se trouvent des coquilles modernes placées entre des lits de gravier, et des blocs erratiques couronnent le sommet. C'est d'ailleurs la seule localité en Suède où M. Lyell ait observé des coquilles dans les ösars. Les caractères stratifiés de ces dépôts et la présence de ces coquilles intactes les lui font regarder comme résultant, non d'une débâcle venue du nord, mais d'une accumulation de sédiments formés au fond du golfe de Bothnie, parallèlement à l'ancienne côte, et pendant le soulèvement successif du pays. La pente rapide des deux côtés des ösars résulterait aussi du mode de formation et non d'une dénudation postérieure ; enfin les blocs erratiques y auraient été déposés par les glaces flottantes.

Le sol de la Finlande paraît s'élever comme celui de la Suède, et l'on a trouvé près d'Abo, à 18 mètres au-dessus de la mer, une marne composée, comme celles de Stockholm et d'Upsal, de détritus des mêmes coquilles récentes.

Passant ensuite à l'examen des dépôts également peu anciens des côtes occidentales de la Scandinavie, M. Lyell y signale des coquilles très-différentes de celles dont on vient de parler sur les côtes de la Baltique, et, de la position des lieux où se trouvent les coquilles d'espèces récentes, tant de ce même côté de la Baltique, entre Gofle et Sœdertelje, que sur les côtes de l'Océan, entre Uddevalla et Gothenbourg, il conclut que l'espace existant entre les deux mers dans cette partie de la Suède était, à une époque comparativement moderne, beaucoup plus étroit qu'il ne l'est actuellement. Des coquilles semblables à celles d'Uddevalla ont été reconnues jusqu'à près de 50 milles dans l'intérieur des terres, à Tussenddalersbacken, près du lac Rograrpen, sur le bord occidental du lac Wener, etc., comme nous le dirons en traitant des dépôts quaternaires de ces pays (1). En résumé, M. Lyell admet un soulèvement

(1) Voyez Hisinger, vol. IV, p. 42, et sa carte géologique de la Suède méridionale.

graduel, mais inégal, sur les divers points de la côte, et nul dans le midi de la Scanie. L'élévation de 1 mètre par siècle a été constatée à Lœfgrundet, à Marstrand, etc.

En 1837, M. Nilsson (1) fit connaître que la Scanie, partie méridionale de la Suède, paraissait avoir éprouvé, comme le Groenland, un mouvement d'abaissement pendant plusieurs siècles. Il n'y a point d'ailleurs, dans cette province, de dépôts coquilliers récents analogues à ceux du Danemark. Linné, vers 1749, avait mesuré, près de Talleborg, la distance d'une grande pierre à la mer; aujourd'hui cette pierre se trouve de 30^{m},50 plus rapprochée de l'eau qu'elle ne l'était alors. Une tourbière, formée de plantes terrestres et d'eau douce, est actuellement sous la mer, dans un endroit où l'on ne peut pas supposer que ces végétaux aient été transportés par les rivières. Enfin, dans les villes maritimes de la Scanie, il y a des rues au-dessous du niveau de la mer, et, dans quelques cas, au-dessous des plus basses marées.

M. Eugène Robert (2) ne croit pas qu'il y ait un véritable abaissement du sol dans cette province, au moins suivant le sens qu'on attribue à ce mot, et les faits observés résulteraient, suivant lui, du tassement ou du déplacement du dépôt de transport. Mais, d'un autre côté, M. Domeyko (3) a signalé des documents historiques qui établissent d'une manière positive qu'une province, appelée Witlandu, est aujourd'hui recouverte par les eaux du golfe de Kœnigsberg. A l'époque de l'ordre Teutonique, elle se trouvait placée entre Pillau, Brandebourg et Bolga. M. Zeune (4) a réuni aussi quelques observations relatives à des points du pays et à des monuments élevés

(1) Lyell, *Address delivered*, etc. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 506.) — Voyez aussi Nilsson, *Sur des soulèvements et des affaissements alternatifs de la surface du sol dans le midi de la Suède* (*Forhandling vid. del af Skandinav. naturforsk.* Travaux de la réunion des naturalistes et médecins scandinaves à Gothenbourg en 1839. Gothenbourg, 1840, p. 129).

(2) *Voyage en Laponie et en Scandinavie*, etc.

(3) *Compt. rend.*, vol. IV, p. 965; 1838.

(4) *Ann. d. Erd. volk.* de *Berghaus*, vol. XV, p. 221; 1836.

que l'on n'aperçoit plus de certaines positions, et *vice versâ*, et il en a conclu des soulèvements et des affaissements du sol dans les provinces littorales du sud de la Baltique. Cependant ces résultats sont encore douteux à cause du manque de précision dans les moyens employés pour les constater.

M. Élie de Beaumont, dans son *Instruction pour l'expédition du Nord* (1), travail qui peut être regardé comme un résumé de tout ce que l'on sait sur les parties boréales de l'Europe, a fait remarquer que le changement de niveau actuel et le changement ancien étaient sans doute très-différents l'un de l'autre. L. de Buch, qui a toujours regardé les deux phénomènes comme distincts, a démontré que l'élévation de la Suède était étrangère aux parties de la Norwége que recouvrent les couches coquillières dont nous venons de parler. Ainsi, il y a près de Luuroë des pierres runiques placées sur ces couches, si peu au-dessus de la mer, qu'il n'y aurait pas encore eu de fond pour poser ces pierres, qui sont d'une très-haute antiquité, si la règle de 1^{m},30 d'élévation par siècle, reconnue pour la Suède, était appliquée à la Norwége.

M. Keilhau (2) a décrit les dépôts d'argile et de sable coquilliers que l'on observe dans les fiords de ce dernier pays, et qui, s'étendant jusqu'à une certaine distance dans les terres, atteignent aujourd'hui une altitude de 182 et même de 243 mètres. Mais l'indépendance des phénomènes sur les côtes orientales et occidentales de la Scandinavie, et l'absence de preuves que, sur ce dernier côté, le soulèvement appartienne réellement à l'époque moderne ou historique, nous ont engagé à renvoyer l'étude de ces dépôts au temps où nous traiterons spécialement des *plages soulevées* (*raised beachs*), si nombreuses sur les côtes de l'ancien comme du nouveau monde et qui appartient à l'é-

(1) *Compt. rend.*, vol. VI, p. 560; 1838.

(2) *Bull. Soc. géol. de France*, 1re série, vol. VII, p. 21; 1836.—Voyez aussi : *Preuves des soulèvements de la Scandinavie dans les temps modernes* (*Magaz. for Naturvidenskaberne*, Christiania, 2e sér., 1835, p. 82 ; 1836 et *Om Lonjardens, stigning i Norge*. Mémoire sur les exhaussements de la côte de Norwége, *ibid.*; 1837).

poque quaternaire. Nous ne nous occuperons donc ici que des soulèvements contemporains, prouvés par des observations directes ou par documents incontestables de l'industrie humaine.

A l'appui des mouvements inverses qui se manifestent dans le nord et le sud de la Suède, M. Forchhammer (1) a fait connaître que l'île de Saltholm n'a pas sensiblement changé depuis 600 ans, tandis que celle de Bornholm paraît s'être élevée de 1 pied par siècle, et que son soulèvement doit remonter à 1 600 ans. L'auteur signale ensuite, dans le Danemark, le Schleswig et le Holstein, des bancs de coquilles, sur lesquels nous reviendrons, leur contemporanéité ne paraissant pas bien établie; mais des restes de l'industrie des habitants, recueillis dans les détritus charriés par les eaux sur les îles de la côte occidentale du Schleswig, et à 20 mètres au-dessus de la mer, ne permettent pas de douter qu'elles n'aient été soulevées depuis que ces îles ont commencé à être habitées.

La différence de la proportion du soulèvement, suivant les temps et les lieux, a été constatée aussi par M. Almloef (2), qui a recherché les anciennes marques du niveau de la mer sur la côte, entre Haparanda et Sœderkoeping. Quoique la Baltique

(1) Lettre à M. Ch. Lyell, *Sur quelques changements de niveau qui ont eu lieu en Danemark dans la période actuelle* (*Transact. geol. Soc. of London*, vol. VI, p. 157; 1841).

Voyez aussi : *Forhandling. vid det af Skandinav. naturf.*, etc. Travaux de la réunion des naturalistes et médecins scandinaves à Gothenbourg en 1839. Gothenbourg, 1840, p. 46 et 57.—*Isis*, 1843, p. 207, 212. — *Sur les changements de niveau et les traces d'inondation sur la côte occidentale du Schleswig* (*Tidssk. f. naturvid. de Kroeyer*, vol. II, p. 201). — *Neu. Jahrb.*, 1838, p. 94. — Ch. Kapp, *Sur les bancs de sable de Goodwin, dans la mer du Nord, formés par le soulèvement, comme certaines côtes de la Scandinavie* (*Almanach* de *Kaupp*, 1836, p. 134. — *Neu. Jahrb.*, 1836, p. 222). — Berzelius, *Sur le soulèvement des côtes scandinaves et les roches polies et sillonnées des montagnes du Nord* (*Forhand. vid det af Skandinav. naturf.*, etc. Travaux de la Soc. des nat. scandinaves en 1842. Stockholm, 1843, p. 45-67). — Forchhammer, *Sur les inégalités des oscillations de la Scandinavie* (*Bull. Soc. géol. de France*, 1re sér., vol. IX, p. 100; 1838).

(2) *Kongl. Vatensk. Acad. Handl.*, etc. — *L'Institut*, 19 mai 1842.

n'ait pas de marées, elle paraît être soumise à des variations périodiques dans la hauteur de ses eaux. Dans l'été de 1843, suivant M. Beamish (1), un abaissement se serait manifesté d'une manière plus prononcée, et depuis lors elle n'aurait pas repris son ancien niveau. Ce phénomène pourrait être en rapport avec le soulèvement de la côte de la Suède, qui est peu régulier, comme nous l'avons dit, mais qui, d'après le même observateur, serait plus considérable qu'on ne l'avait admis d'abord, malgré l'immobilité de la Norwége depuis les temps historiques. M. Haagen (2) pense que l'abaissement continu des eaux s'étend à tout le périmètre de la Baltique.

Dans son discours à la Société géographique de Londres (3), sir R. Murchison a signalé l'existence certaine d'une ligne E. O., traversant la Suède sous le parallèle de Solvitsborg et le long de laquelle le sol immobile n'a éprouvé aucune oscillation depuis plusieurs siècles. Au nord de cette ligne, le sol s'est élevé sensiblement dans ces derniers temps et s'élève encore, tandis qu'au sud, dans la Scanie, il s'abaisse, comme l'ont prouvé MM. Nilsson et Lund. Ainsi l'on ne peut se refuser à admettre que le mouvement de la Scandinavie ne ressemble à celui d'une planche ayant au milieu un point d'appui immobile et élevé, et dont l'une des extrémités monte tandis que l'autre descend.

D'après des traditions locales et l'examen attentif des lieux,

(1) *Report 13th Meet. brit. Assoc.*, 1843. — *Amer. Journ.*, vol. XLVII, p. 184.

(2) *Acad. de Berlin*, 1844. — *L'Institut*, 14 août 1844.

(3) *Address to the roy. geogr. Soc. of London*, 1845. — Cet abaissement a été confirmé depuis par M. Nilsson. Il est indiqué par des marais tourbeux à 14 et 20 pieds au-dessous de la Baltique, et où se trouvent des squelettes humains, des armes, des os d'Aurochs et d'autres animaux vivants. (*Rep. 17th Meet. brit. Assoc. at Oxford*, 1847. — *L'Institut*, 23 février 1848). — Voyez aussi : *Neu. Jahrb.*, 1850, p. 471. *Bibl. univ. de Genève, Sc. Phys.*, 1851, p. 149. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. VII, p. 112. Dans un ouvrage sur l'apparition de l'homme en Scandinavie avant l'ère historique, par Nilsson, l'auteur cite une roche qui, en 1532, était à 2 pieds au-dessous du niveau de la mer, et qui, en 1844, était à 4 pieds au-dessus. Total : 6 pieds en 300 ans ou 1 pied en 50 ans. Le mouvement a été successif.

le célèbre auteur du *Système silurien* est porté à regarder l'île de Gothland comme ayant éprouvé une élévation assez prononcée depuis l'époque actuelle, et même depuis un petit nombre de siècles. Les habitants, à la vérité, attribuent ce changement de niveau à l'abaissement de la mer, et non au soulèvement de l'île, mais on sait combien il est facile, dans ce cas, de prendre un effet pour l'autre (1).

M. Murchison rappelle ensuite que M. Nilsson a trouvé, au-dessous de 3 mètres de tourbe, près d'Ystadt en Scanie, un squelette de *Bos urus* ou *primigenius*, dont les cornes étaient profondément ensevelies dans l'argile bleue sous-jacente. Il y avait dans la même couche des ossements de l'Aurochs, qui vit encore dans la Lithuanie, de Daims et d'autres mammifères terrestres. Un trou qui pénétrait obliquement à travers la première, la seconde et même la troisième vertèbre lombaire de l'Urus a été reconnu par M. Nilsson pour avoir été fait avec la pointe d'un javelot d'un ancien aborigène. Ainsi l'homme se trouverait contemporain d'animaux perdus et d'autres qui existent actuellement, et les marais qui renferment ces débris auraient été recouverts de gravier et de sable depuis cette même époque.

M. G. Bischof (2), à la suite de ses recherches sur la cause des volcans, des tremblements de terre et des sources thermales, a essayé d'y rattacher les soulèvements contemporains tels que ceux dont nous nous occupons. M. Berzelius avait cru que les vides produits entre la croûte solide du globe et le noyau liquide, par suite du refroidissement de la masse, pouvaient donner lieu à des plissements et à des courbures de certaines portions de cette croûte qui s'élèverait ainsi d'un côté et s'abaisserait de l'autre ; mais le savant chimiste de Bonn fait voir, contrairement à l'opinion de son illustre confrère de Stockholm, que les masses solides peuvent être soulevées très-

(1) *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, nov. 1846, p. 362.

(2) *On the natural history of volcanos*, etc. (*Edinb. new phil. Journ.*, vol. XXVI, n° 5, janvier 1839).

lentement par le même agent qui élève les laves liquides dans les cheminées volcaniques. Cet effet peut se continuer encore après que l'action de la vapeur a cessé, et cela par suite de l'expansion qu'occasionnerait le calorique dégagé de la vapeur pendant sa condensation. Si l'on suppose, par exemple, que sous la Scandinavie l'écorce de la terre ait une épaisseur de 139,840 pieds et que son expansion par la chaleur soit dans le même rapport que dans la poterie, une augmentation de température d'environ 2°,9 R. pendant 100 ans suffira pour produire une expansion de $4^{p},26$ dans une couche de l'épaisseur supposée, ce qui est la proportion indiquée pour le soulèvement. En outre, le sol de la partie de la Scandinavie qui s'élève est formé par le granite, tandis que celui de la Scanie qui s'abaisse est occupé par les couches crétacées. Le granite de Bornholm, quoique situé en face de la côte de Shonen qui s'abaisse, ne s'élève pas moins que celui du nord. L'idée d'attribuer à la différence de conductibilité et de dilatabilité des roches les oscillations du sol avait été déjà proposée plusieurs années auparavant.

§ 2. Kjökkenmöddings du Danemark.

Ages de pierre, de bronze et de fer.

De ces divers témoignages de l'industrie humaine trouvés enfouis dans les dépôts marins de l'ouest de l'Europe avant ces soulèvements si récents, passons à ceux que les premières populations des îles du Danemark ont laissés à la surface même du sol émergé alors.

D'après les recherches qui ont été faites dans les *tumuli* ou anciennes sépultures du Danemark, dans des amoncellements de restes d'animaux, dont les hommes se nourrissaient, et de l'examen des tourbières du même pays, il est résulté une prodigieuse quantité de produits de l'industrie des premiers habitants du pays, lesquels, étudiés, comparés et arrangés par les archéologues, forment à Copenhague un des plus curieux musées

d'antiquités qui se puissent voir. MM. Thomsen, Nilsson, Lund et plusieurs autres savants, par la comparaison attentive de tous ces matériaux et des divers gisements d'où ils provenaient, ont cru y distinguer les résultats de trois âges de civilisation différents et successifs, caractérisés chacun par la principale substance employée dans la confection des instruments, outils, armes, ornements, etc., et ils ont désigné le premier ou le plus ancien de ces âges sous le nom d'*âge de pierre*, celui qui lui a succédé sous le nom d'*âge de bronze*, le troisième sous celui d'*âge de fer*, et le quatrième daterait de l'introduction du christianisme dans le pays.

Mais hâtons-nous de faire remarquer que tout en étant successifs, ces âges ne peuvent être comparés à des périodes géologiques, non-seulement à cause de leur faible durée, mais surtout parce qu'ils sont relatifs à tel ou tel pays, et que dans des pays différents ils ne se correspondent point quant au temps. Un peuple pouvait en être encore à l'âge de pierre pendant qu'un autre avait atteint l'âge de bronze, et un troisième l'âge de fer. C'est ainsi qu'aujourd'hui que nous pourrions, pour suivre la même expression figurée, appeler notre époque l'âge du platine et de l'aluminium, il y a encore des populations sauvages qui en sont à l'*âge de pierre*.

Dans cet âge de pierre, antérieur à toute tradition historique, à toute expression de la pensée traduite par des signes ou caractères alphabétiques, phonétiques ou hiéroglyphiques, âge qui doit le plus nous occuper, parce que c'est celui qui se rapproche aussi le plus des temps géologiques, les hommes n'employaient encore aucun métal ; les os d'animaux sauvages, les cornes, les pierres et surtout les silex, diversement taillés, en tenaient lieu. On en faisait des instruments tranchants de première nécessité et des armes offensives. La découverte du feu dut amener l'introduction du bronze, composé de 9 parties de cuivre et de 1 d'étain. Il reste encore à expliquer comment ce dernier métal, connu et exploité sur si peu de points en Europe, a pu être sitôt répandu, qu'on le retrouve partout dans cet alliage.

Nous verrons que dans l'Amérique du Nord un âge de cuivre aurait précédé l'âge de bronze, ce qu'explique la grande quantité de minerais de cuivre connue aujourd'hui dans ce pays. Quoique le fer soit de tous les métaux usuels le plus répandu dans la nature, la réduction de ses minerais exige des traitements plus compliqués qui n'ont pu être trouvés qu'à une époque de civilisation avancée.

Kjökkenmöddings.

Dans la Séelande, les îles de Fyen, de Moen, de Samsoe, dans le Jutland, le long du Lumfjord, du Mariagerfiord, etc., dit M. de Morlot (1), se trouvent des amas de coquilles marines, pris d'abord pour des bancs formés naturellement au fond de la mer, mais qui sont en réalité les restes de mollusques et d'autres animaux dont se nourrissaient les premiers habitants du pays. Cette origine est démontrée par les débris d'industrie grossière qu'on y trouve disséminés. Ces amas ont reçu le nom expressif de *Kjökkenmöddings* composé de deux mots danois, *kjökken*, qui veut dire cuisine, et *möddings*, rebuts, restes, ordures. C'est à MM. Forchhammer, Worsaæ et Steenstrup que sont particulièrement dues les recherches dont ces singuliers amas ont été l'objet.

On ne les observe guère que le long des fiords et des bras de mer où l'action des vagues est faible. Ils sont généralement placés sur le bord même de l'eau; quelques-uns cependant en sont actuellement à 2 milles de distance, soit qu'il y ait eu un soulèvement de la plage depuis leur formation, soit qu'ils s'étendissent réellement jusque-là.

L'épaisseur des Kjökkenmöddings varie de 1 mètre à $1^m,60$; quelquefois elle atteint 3 mètres. Leur longueur est parfois de plus de 300 mètres, et leur largeur varie de 50 à 65 mètres. L'intérieur n'offre aucun caractère de stratification; quelques-uns montrent des matériaux roulés, disposés par lits et prouvant ainsi des invasions locales et temporaires de la mer. Le charbon et les cendres trouvés dans ces amas proviennent, en grande partie, de *Zostera maritima*.

(1) *Bull. de la Soc. vaudoise des sc. natur.*, vol. VI, n° 46, p. 263, mars 1860.

Les coquilles qui les constituent sont, suivant leur abondance, l'*Ostrea edulis*, le *Cardium edule*, le *Mytilus edulis* et la *Littorina littorea*, qui servent encore aujourd'hui de nourriture à l'homme. Les individus sont constamment adultes. Le *Buccinum undatum*, le *B. reticulatum*, la *Venus pullastra* sont plus rares, ainsi qu'une coquille terrestre, l'*Helix nemoralis*. L'*Ostrea edulis* a disparu de tout l'intérieur du Catégat, circonstance attribuée à la diminution de la salure de l'eau depuis cette époque, et dans laquelle aujourd'hui les *Cardium* et les *Littorina* offrent une taille moindre que ceux des Kjökkenmöddings.

Les restes de poissons y sont assez fréquents (Harengs, Cabillaux, Limandes, Anguilles), ainsi que ceux d'oiseaux terrestres et aquatiques (Coq de bruyères, Canard, Oie), mais il n'y en a point de Poules, d'Hirondelles, de Moineaux, ni de Cigognes. Le grand Pingoin, qui y a laissé des traces, n'existe plus dans le pays.

Partout on trouve avec ces restes des ossements de Cerfs, de Chevreuils, de Sangliers dont se nourrissaient aussi les habitants. Ceux d'Urus, de Castor, de Phoques y sont également fréquents. Le Castor a depuis longtemps disparu du pays, et l'Urus, qui, suivant l'auteur, serait le *Bos primigenius*, est tout à fait éteint. Des restes de Loup, de Renard, de Lynx, de Chat sauvage, de Marte, de Loutre s'y rencontrent encore, et le Chien aurait été le seul animal réduit à l'état de domesticité chez ces peuplades primitives.

On a remarqué que les têtes des os longs manquent toujours, et l'on ne trouve ni côtes ni vertèbres; des os de la tête, il ne reste que la mâchoire inférieure, circonstance qui, suivant M. Steenstrup, prouverait que ces portions d'os sont celles que les chiens n'ont pu détruire. Un autre caractère particulier que présentent ces os, c'est qu'on les a fendus dans leur longueur pour en extraire la moelle, très-recherchée comme le mets le plus délicat.

Des armes ou instruments grossiers fabriqués avec des silex, substance très-répandue dans les couches crétacées du pays,

avec des os et des bois de Cerf, sont les restes d'industrie les plus communs dans ces accumulations de débris d'animaux. Ces témoins, laissés par les premières réunions d'hommes qui ont vécu sur les côtes du Danemark, s'observent avec les mêmes caractères de l'autre côté de l'Atlantique, sur les rivages des États-Unis (1), aussi bien qu'à l'extrémité opposée du nouveau continent à la Terre-de-Feu où, suivant M. Ch. Darwin (2), les naturels vivent aujourd'hui comme ces populations primitives du Nord. Un dépôt de coquilles, d'une tout autre origine et beaucoup plus récent, puisqu'il appartient à l'ère historique, est celui que signale M. Aucapitaine dans la partie sud du port de Saïda, l'ancienne Sidon, en Syrie. Il est entièrement formé de *Murex brandaris*, tous brisés près du canal, et qui étaient recueillis pour l'extraction de la couleur pourpre si renommée et l'une des branches de l'industrie du pays. (*Journ. de conchyliologie*, vol. III, p. 393; 1863.)

Ce qui distingue les Kjökkenmöddings des dépôts coquilliers naturels, c'est que leurs coquilles sont presque toutes adultes, n'appartiennent qu'à un petit nombre d'espèces, les mêmes partout, et à celles que l'on mange encore aujourd'hui, sans qu'elles en offrent les divers âges et les variétés, et sans qu'elles soient associées avec d'autres espèces et un mélange de sable et de gravier, comme on l'observe toujours dans les dépôts formés par la mer. On peut aussi supposer que ces amas indiquent l'emplacement ou le voisinage des habitations.

Les hommes de ces temps reculés étaient donc exclusivement pêcheurs et chasseurs, vivant comme ceux de l'extrémité de l'Amérique méridionale de nos jours. Les armes en pierre les mieux travaillées ont été trouvées dans les anciens tombeaux, et la forme des haches différait un peu suivant les pays. On y trouve encore des pierres d'une forme qui fait présumer qu'elles devaient être lancées avec une fronde.

(1) Vanuxem, *Amer. Journ.*, vol. XLI, p. 168. — Lyell, *A second visit*, etc., vol. I, p. 338; II, p. 106, 115; 1850.

(2) *Journ. of researches*, p. 228; 1840.

Les tombeaux sont des espèces de chambres formées par d'énormes blocs de pierre. Les cadavres y étaient placés assis, le dos appuyé contre la paroi. Il y en avait quelquefois plusieurs dans la même pièce, et le tombeau était recouvert de grandes dalles au-dessus desquelles on amoncelait de la terre. La base de ce monticule était ensuite entourée d'une rangée de pierres (1). Les crânes de ces populations étaient très-arrondis, ressemblant à ceux des Lapons de nos jours, avec l'arcade sourcilière plus avancée. Comme chez les Groenlandais actuels, les incisives ne se croisaient pas en mangeant à la manière des autres peuples, mais se rencontraient en se superposant simplement.

Les races de l'âge de pierre durent être soumises et en partie remplacées par des nations plus civilisées venues d'Orient, et qui, au lieu d'ensevelir leurs morts, les brûlaient et recueillaient les ossements dans des urnes funéraires. Aussi trouve-t-on beaucoup de squelettes du premier âge et point du second. La petitesse de la main chez les hommes de l'âge de bronze est constatée par la dimension de la poignée des armes, semblable à celle des Indous actuels. Les tumulus n'ont plus aussi les dimensions de ceux de l'âge de pierre; ce sont des amas de terre ou de petites pierres recouvrant les restes des cadavres brûlés, enfermés dans des vases en poterie avec des objets de métal. Avec la population de l'âge suivant ou de fer, les animaux domestiques se multiplient, l'agriculture se développe et l'industrie se manifeste par des produits particuliers.

Ces divisions, on le conçoit, sont surtout relatives au pays que l'on considère et n'ont point partout des limites ni des caractères absolus correspondants. Ces phases ont été plus rapides ou plus lentes dans un pays que dans un autre; ainsi nous verrons qu'en Suisse les animaux domestiques étaient connus dès l'âge de pierre, que dans la Scandinavie le bronze a été plus rare et le fer découvert plus tôt qu'en Danemark, etc.

(1) Lubbock, *Natur. hist. review*, n° 4, p. 489; 1861. Trad. par Alph. Milne Edwards, *Ann. des sc. natur.*, 4ᵉ sér., vol. XVII; 1862.

§ 3. Marais tourbeux du Dannemark (1).

Dans un mémoire publié dès 1842 par M. Steenstrup (2), ce savant a distingué, parmi les amas de végétaux qui remontent aux premiers temps de la période actuelle en Danemark, et en prenant en considération les circonstances de lieux ou de leur emplacement, puis leur étendue et leur composition intérieure :

1° Les *Kjaermoses* ou *Engmoses* (*Heidemoor*, allem.), ou marais de prairies ; 2° les *Lynmoses*, *Svampmoses* ou *Hocimoses* (*Heidmoor*, allem.), marais à Bruyères ou hauts marais ; 3° les *Skovmoses* (*Walmoor*, allem.) ou marais à forêts.

Les *Kjaermoses* ou marais de prairies occupent les parties inférieures des larges vallées, le long des cours d'eau et bordent souvent les lacs et les côtes basses. Ils sont formés surtout de plantes herbacées, de roseaux avec quelques mousses. Certaines parties sont au-dessous de l'eau, d'autres au-dessus. Ils sont moins profonds que les autres amas de ce genre et leur épaisseur est de 1m,60 à 4 mètres.

Les *Lynmoses*, marais à Bruyères ou hauts marais, s'étendent souvent dans de vastes plaines. Formés au-dessus de l'eau par des *Sphaignes* et des *Hypnum*, ils ont de 2m,60 à 3 et 4m,50 de profondeur, et finissent par être envahis par les bruyères.

Les *Skovmoses* ou marais à forêts, les plus curieux de ces différents dépôts, occupent des dépressions dans les sédiments quaternaires. Ils ont jusqu'à 10 mètres de profondeur et même

(1) Nous traitons ici de ce sujet à cause de ses relations avec les divers *âges* dont nous avons parlé et avec ce qu'il nous reste encore à en dire, sans quoi nous eussions dû mentionner ces dépôts en parlant de la tourbe, dont ils ne sont que des modifications locales.

(2) *Mém. de l'Acad. des sc. de Copenhague*, vol. IX; de Morlot. *Bul de la Soc. vaudoise*, vol. VI, p. 263; 1860.

davantage. Les arbres qui croissaient sur leurs bords tombaient dans le marais, s'y accumulaient de manière que leurs têtes étaient plus ou moins régulièrement tournées vers le centre et les pieds vers la circonférence. Lorsque le marais a peu d'étendue, le milieu est occupé par la tourbe proprement dite, semblable à celle des Lynmoses ou marais de Bruyère, mais la zone d'arbres couchés qui l'entoure le distingue de cette dernière. Nous avons essayé de représenter dans la figure ci-jointe, la coupe théorique d'un de ces marais à forêts.

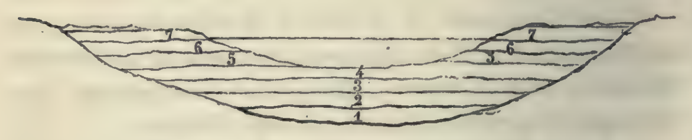


Fig. 14. — Coupe théorique d'un Skovmose.

1. Tourbe amorphe, infusoires siliceux et tufs calcaires. — 2. Tourbes de mousses (*Hypnum*), et Pins rabougris. — 3. Bruyères, Bouleaux, Aunes. — 4. Bouleaux verruqueux, Noisetiers. — 5. *Pinus silvestris*. — 6. *Quercus robur*, puis *Q. pedunculatus*, Bouleaux et Noisetiers. — 7. Hêtre (*Fagus silvestris*).

Si l'on étudie le centre des Skovmoses, on voit que le fond est une couche argileuse que recouvre un lit de tourbe de $0^m,50$ à $1^m,25$ d'épaisseur, formant avec l'eau une sorte de bouillie noire. C'est la *tourbe amorphe* de M. Steenstrup. On y trouve parfois des lits d'infusoires siliceux ou de tuf calcaire en quelque sorte subordonnés. Puis vient un lit de tourbe de 1 mètre à $1^m,30$, composé d'*Hypnum* et des troncs de Pins qui ont vécu sur place, mal venus, mais nombreux et dont on distingue 2 ou 3 lits superposés.

Aux *Sphagnum* ont succédé les Bruyeres, au fur et à mesure que le sol s'élevait et se desséchait; puis les Pins ont été remplacés d'abord par des Bouleaux, et ceux-ci par des Aunes et des Noisetiers, le tout formant une sorte de clayonnage naturel lorsque le marais à peu d'étendue. A ce moment la formation du centre du Skovmose est terminée, sa surface est ferme et solide. On estime que cette formation a dû exiger environ 4000 ans; mais peut-être serait-ce tout aussi bien

6 ou 8000 ans, car c'est un chronomètre dont l'exactitude est difficilement appréciable.

La partie *extérieure* ou *forestière* des Skovmoses offre une composition un peu différente de celle du centre. Au-dessus du dépôt argileux du fond viennent des troncs de Pins couchés, d'une magnifique végétation, très-rapprochés les uns des autres. Ces Pins sont de l'espèce actuelle, le *P. silvestris*, mais qui n'existe plus dans le pays (1). Ils ont diminué peu à peu pour être remplacés par les Chênes (*Quercus robur*) de nos forêts, lesquels finissent par régner exclusivement à leur tour en prenant un grand développement. Dans la partie supérieure du dépôt apparaît la variété désignée sous le nom de *Quercus pedunculatus*, accompagnée du Bouleau verruqueux et du Noisetier (*Coryllus avellana*). Aujourd'hui le Chêne lui-même tend à disparaître du Danemark, dont la végétation forestière est le Hêtre, constituant à lui seul des bois magnifiques.

Ainsi, depuis l'époque quaternaire, ce pays nous offre les résultats de trois végétations arborescentes distinctes : la plus ancienne, celle des Pins, la seconde, celle des Chênes, et la troisième, celle des Hêtres. Ces modifications, en apparence si profondes, se sont cependant produites sans aucun cataclysme, sans aucun changement apparent de quelque importance dans les conditions physiques du pays. Le climat n'en a point éprouvé non plus de bien sensibles, puisque toutes les coquilles marines des Kjökkenmöddings, et les coquilles fluviatiles et terrestres des tourbières, sont identiques avec celles qui vivent encore dans le pays.

Ces changements dans la végétation forestière sont attribués à un desséchement successif du sol et à l'amélioration de celui-ci par les détritus de ces mêmes végétations; mais ces motifs nous semblent peu concluants, car l'amélioration du sol des contrées actuelles où les Pins végètent le mieux ne les fait point disparaître, et les Chênes peuvent y exister simultané-

(1) Il est à remarquer que le Coq de bruyère, qui se nourrit surtout de bourgeons de Pins, était commun à l'époque des Kjökkenmöddings.

ment. De même le Hêtre croît concurremment avec le Chêne dans la plupart de nos grandes forêts, et l'on ne voit pas qu'une de ces essences de bois tende à y disparaître au profit des autres.

D'une autre part, le Peuplier-tremble a vécu pendant toute la période des tourbières, et il prospère encore dans le pays, tandis que le Bouleau (*B. alba*) des couches inférieures est remplacé dans les supérieures par le *B. verrucosa*, qui vit encore dans les mêmes lieux.

Quant aux objets d'industrie humaine, ils sont très-communs dans les tourbières, mais ne descendent pas jusque dans la tourbe amorphe des Skovmoses. L'homme ne semble avoir commencé à habiter le pays que lors de la végétation des Pins de la zone extérieure. On y trouve en effet des produits de l'âge de pierre, qui paraît s'être continué jusqu'au commencement de la végétation du Chêne, car l'âge de bronze correspondrait plus particulièrement à cette dernière, aucun objet de ce métal n'ayant été rencontré au-dessous. L'âge de fer et les traditions historiques appartiennent essentiellement à la dernière période de végétation, celle du Hêtre; de sorte que la végétation forestière du Danemark aurait trois phases bien distinctes en rapport avec trois degrés de civilisation de ses habitants.

M. Worsäe, considérant que les haches trouvées en France dans les dépôts de transport de la vallée de la Somme, puis en Angleterre et ailleurs, dans des gisements analogues, doivent appartenir au terrain quaternaire, est disposé à admettre *deux âges de pierre :* l'un antérieur aux phénomènes diluviens et l'autre postérieur, opinion que tous les faits acquis depuis à la science nous semblent rendre très-probable. En effet, aucune arme danoise en silex ne ressemble aux plus anciennes formes des pays et des dépôts que nous venons de rappeler; et il est certain, d'un autre côté, que les Kjökkenmöddings sont postérieurs au grand phénomène erratique du centre et du nord de l'Europe, sans quoi ils auraient été détruits pour la plupart, et ce qui en resterait porterait des traces évidentes de ce phénomène.

Néanmoins les Kjökkenmöddings sont d'une très-haute antiquité, probablement les plus anciennes traces de l'existence de l'homme dans le pays, et l'on n'y rencontre aucun débris de Rhinocéros ni d'Éléphants avec les restes de son industrie, circonstance qui tend encore à distinguer les deux âges de pierre, comme on vient de le dire.

En outre, dit M. Lubbock (p. 294), il est évident que l'homme est originaire de pays plus chauds que le Danemark, et qu'il n'a pu supporter le climat du Nord qu'après avoir atteint un certain degré de civilisation relative, au moins jusqu'à ce qu'il ait appris à se procurer et à se servir du feu, à se vêtir et à s'abriter. D'après cela, les antiquités du Danemark n'auraient encore, comme nous le disions tout à l'heure, qu'une ancienneté relative et indépendante de l'ancienneté absolue de l'espèce humaine, dont le berceau ou les berceaux restent à découvrir. Les traditions locales de certains peuples ne sont que des documents d'une faible valeur, l'amour-propre des uns et l'ignorance des autres s'unissant en quelque sorte pour épaissir le voile qui entoure notre origine première.

§ 4. Habitations lacustres.

Suisse.
Pfahlbauten.
Distribution géographique

Si nous redescendons actuellement au S., vers le centre de l'Europe, nous y verrons les premiers établissements de l'homme montrer d'autres caractères : ce sont ceux que l'on a appelés en Suisse *Pfahlbauten*, c'est-à-dire ouvrages ou constructions sur pilotis.

Pendant l'hiver de 1853 à 1854, le froid prolongé et la sécheresse qu'il occasionna firent diminuer les eaux des rivières et des torrents qui descendent des montagnes, et par suite abaissèrent le niveau des lacs à un point où on ne les avait pas vus depuis 1674. Une large zone fut ainsi mise à sec sur leur

littoral, dit M. Lubbock (1), tandis que sur d'autres points des îles apparurent. Sur la rive nord du lac de Zurich, dans une petite baie située entre Ober-Meilen et Dallikond, M. Æppli observa le premier des restes de constructions.

C'étaient, dit M. Troyon (2), de nombreux pilotis au milieu desquels se trouvaient des dalles brutes provenant d'anciens foyers, du charbon, des ossements brisés et des ustensiles divers qui prouvaient que ce point avait été fort anciennement occupé. Les recherches dirigées d'abord par M. F. Keller ne tardèrent pas à se généraliser, et l'on put bientôt se convaincre que les anciens habitants de la Suisse construisaient une partie, sinon toutes leurs demeures, au-dessus des eaux, comme le font encore de nos jours plusieurs peuplades, telles que les Papous de la Nouvelle-Guinée (3), et comme le pratiquaient dans l'antiquité historique les Pæoniens du lac de Prasias, au rapport d'Hérodote (4).

Après M. Keller, qui publia les résultats de ses observations en 1854-58-60 dans les *Mémoires de la Société des antiquaires de Zurich*, M. Troyon a donné un ouvrage plus considérable que nous venons d'indiquer, accompagné de 17 planches représentant un grand nombre d'objets de l'industrie des habitants des *Pfahlbauten*. En 1856, à la suite du desséchement partiel du petit lac de Moosseedorf, situé à 2 lieues de Berne, MM. Albert John et le docteur Uhlmann entreprirent des fouilles qui ont été très-fructueuses (5). M. Rütimeyer a de son côté publié deux ouvrages importants sur les restes organiques trouvés dans les emplacements de ces anciennes bourgades (6).

(1) *Note sur les anciennes habitations lacustres de la Suisse* (*Natur. hist. review*, n° 5, janvier 1862. — Trad. française par M. Alph. Milne-Edwards, *Ann. des sc. nat.*, 4e sér., vol. XVII; 1862.

(2) *Habitations lacustres des temps anciens et modernes*, p. 3, in-8, avec planches. Lausanne, 1860.

(3) Dumont d'Urville, *Voyage autour du monde*, vol. IV, passim.

(4) *Histoire* d'Hérodote, vol. I, p. 409. Trad. de Larcher, éd. de 1850.

(5) *Die Pfahlbau-Alterthümer von Moosseedorf im Kanton Bern*, 1857. — *Arch. de la Bibl. univ. de Genève*, mai 1857.

(6) *Untersuch d. Thierreste aus d. Pfahlb. d. Schweiz*, 1860.

M. Heer en a étudié la flore; M. Keller a fait paraître un nouveau mémoire, fruit de ses dernières recherches, et M. de Morlot une notice que nous rappellerons ci-après. On doit aussi à M. Desor (1) une note sur les constructions lacustres du lac de Neuchâtel, et à M. Gilliéron (2) une notice sur celles de Pont-de-Thielle.

Ces restes d'habitations, poursuit M. Lubbock, qui a résumé une partie des faits connus, ont été constatés dans les lacs de Zurich, de Constance, de Genève, de Neuchâtel, de Bienne, de Morat, de Sempach et dans quelques autres plus petits (Inkwyl, Pfaffikon, Moosseedorf, Luissel, Nussbaumen, Wanwyl). M. Keller signale 11 établissements de cette sorte dans le lac de Bienne, 26 dans celui de Neuchâtel, 24 dans celui de Genève, 16 dans celui de Constance, et il en reste sans doute beaucoup d'autres à découvrir.

Emplacement des populations et constructions.

Ces huttes sur pilotis étaient circulaires, comme on peut en juger d'après des portions de parois en terre qui ont été retrouvées, portant les empreintes de branches entrelacées. Elles devaient avoir de 3 à 5 mètres de diamètre, exiger un travail considérable, et elles supposent une population nombreuse. Aussi a-t-on essayé d'évaluer celle-ci d'après les traces de ce qu'il en reste. Ainsi M. Troyon (*loc. cit.*, p. 403) a constaté que l'établissement de Morges, l'un des plus grands du lac de Genève, s'étendait, parallèlement au rivage, sur une longueur de près de 3 kilomètres et une largeur de 50 mètres, donnant une surface de 150,000 mètres carrés. En supposant des cabanes de 5 mètres de diamètre, occupant la moitié de la surface, on trouve qu'il pouvait y en avoir 311. En les supposant en moyenne habitées par 4 personnes, elles donnent pour ce village sub-aquatique une population de 1244 personnes. En s'appuyant sur des données analogues, on aurait une population de 9000 âmes pour les bords du lac de Neuchâtel; et, d'après les autres recherches, la population de la Suisse

(1) *Biblioth. univ. de Genève*, 1862, p. 16.
(2) Porrentruy, 1862.

à l'âge de pierre, auquel ces constructions sont rapportées, aurait pu être de 31,879 habitants. Les restes de 68 villages de la période suivante ou du bronze, observés dans la partie occidentale du même pays, devaient contenir 42,900 âmes.

Quant au motif qui a pu faire choisir ce mode de constructions et ces emplacements de préférence à la terre ferme, qui semblait offrir plus de commodité, on doit le chercher dans la nécessité où étaient les habitants de se soustraire aux attaques des bêtes fauves, sans doute fort nombreuses alors, telles que les Loups, les Ours, les Sangliers, l'Urus, et peut-être pour se défendre plus facilement contre les hommes eux-mêmes.

Au Steinberg, dans le lac de Bienne, une île semblable aux crannoges d'Irlande, dont nous parlerons tout à l'heure, a été construite dès l'âge de pierre et continuée dans le suivant.

M. Pupikofer a fait connaître près de Frauenfeld (Turgovie) un système particulier de construction lacustre consistant en une accumulation de fascines ou de radeaux superposés, touchant au fond de l'eau et s'élevant jusqu'à la surface, de manière à présenter un sol immobile et sur lequel pouvait être élevée l'habitation (1).

Des recherches et des observations très-attentives ont fait connaître le mode de construction de ces habitations lacustres de la Suisse, et l'on trouve à cet égard, dans l'ouvrage de M. Fréd. Troyon (2), des détails très-intéressants et fort instructifs ; tels sont la grande quantité de pilotis qui leur servait de fondation, et qui, dans la seule localité de Wangen, a été évaluée à 40,000 ; le nombre des couches d'arbres constituant la plate-forme qu'ils supportaient, mais sans qu'on ait encore pu constater comment celle-ci était fixée, aucun trou, aucune entaille, mortaise ou trace de liens ne subsistant.

Restes d'industrie.

Tous les objets trouvés autour ou sur l'emplacement de ces habitations, et ils sont en quantité prodigieuse, à Wangen, dans le lac de Constance, à Wanwyle, Robauhensen (lac de Pfaffikon),

(1) *Der Pfahlbau bei Frauenfeld.* Frauenfeld, 1862.
(2) *Loc. cit.*, p. 254-262.

sont en pierre, en bois ou en os. Les armes de bronze proviennent d'autres habitations lacustres qui avaient une civilisation plus avancée.

Les armes de pierre sont grossièrement façonnées avec des matériaux du pays. Quelques-unes, en silex, ont probablement été apportées de la France. A Wangen et à Moosseedorf, les pierres ont été travaillées sur place. Quelques échantillons de néphrite orientale, roche qui n'est pas connue en Suisse, feraient supposer que des rapports existaient avec des nations éloignées.

Les instruments de l'âge de pierre sont ici des marteaux, haches, couteaux, scies, pointes de lances, de flèches, des pierres à écraser le grain, des polissoires, etc. Quelques marteaux sont en serpentine avec un trou à l'une des extrémités. C'est une circonstance d'ailleurs fort rare de trouver une pierre percée, si ce n'est tout à fait à la fin de la période.

La hache doit être regardée comme l'arme primitive par excellence ; c'est le principal instrument, l'outil usuel de l'antiquité. Elle servait à la guerre, à la chasse, aux usages domestiques. Celles de Wangen et de Concise (lac de Neuchâtel) étaient fort petites, comparées surtout à celles du Danemark. La serpentine était la roche la plus généralement employée. On ajustait la pierre à des poignées en corne ou en bois. Les pointes de flèches étaient en silex, quelques-unes en quartz, de formes variées d'après trois modèles principaux. Les os des animaux étaient aussi travaillés et employés à plusieurs usages (harpons, poignards, têtes de flèches, javelots, épingles, aiguilles, ornements divers). Les planches III à VII de l'ouvrage de M. Troyon représentent une multitude de ces objets et peuvent donner une idée de leurs formes, de leurs dimensions et de leur emploi.

Les débris d'animaux rencontrés dans les *Pfahlbauten* ont été principalement étudiés par M. Rütimeyer, qui a publié, comme nous l'avons dit, deux ouvrages importants sur ce sujet, et dont M. Lubbock a exposé les principaux résultats. Restes d'animaux.

Les os longs sont dans le même état que ceux des

Kjökkenmöddings, c'est-à-dire qu'ils ont été fendus pour en extraire la moelle. Certains os manquent tout à fait, et dans d'autres certaines parties ont complétement disparu, de sorte qu'on ne peut reconstruire un seul squelette complet, malgré la multitude des matériaux que l'on possède. 66 espèces de vertébrés ont pu être déterminées, dont 10 poissons, 3 reptiles, 17 oiseaux et 36 quadrupèdes. 8 de ces derniers ont vécu à l'état de domesticité (le Chien, le Porc, le Cheval, l'Ane, la Chèvre, le Mouton et deux Bœufs). Les débris de Cerf et de Bœuf égalent en nombre tous les autres ensemble, et même ceux de Cerf dépassent ceux de Bœuf dans les anciens établissements de Moosseedorf, de Wanwyl, de Robenhausen, ce qui est l'inverse dans les établissements plus récents des lacs de l'Ouest (Wangen, Meilen).

Le Cochon vient ensuite. Les restes de Chevreuil, de Chèvre, de Mouton sont plus rares. Pendant l'âge de pierre, on mangeait les Renards, mais on n'en trouve pas de débris dans les habitations de l'âge de bronze. Le Chien, dans le premier âge, était plus rare que le Renard, mais moins cependant que le Cheval et l'Ane. Dans le petit lac de Moosseedorf on a recontré les restes de trois Chiens, de 4 Renards, de 5 Castors, de 6 Chevreuils, de 10 Chèvres, de 10 Moutons, de 16 Vaches, de 20 Porcs et d'autant de Cerfs.

La Souris, nos deux espèces de Rats, le Chat domestique et nos oiseaux de basse cour n'ont été jusqu'à présent trouvés ni dans les habitations lacustres de la Suisse, ni dans les Kjökkenmöddings du Danemark. Les os de Cerf et de Sanglier indiquent souvent des animaux plus forts et de plus grande taille que ceux de nos jours, tandis que ce serait l'inverse pour ceux du Renard. Les Chiens, peu variés alors, devaient ressembler à nos chiens d'arrêt et à nos chiens couchants. Les Moutons différaient des nôtres par leur petite taille, les jambes grêles, les cornes courtes, semblables à celles de la Chèvre, caractères que l'on retrouve dans les variétés du Nord et des montagnes (îles Shetland, Orkney, pays de Galles, les Alpes).

Les restes de Chevaux sont très-rares dans l'âge de pierre,

mais fréquents dans celui de bronze; ils appartiennent d'ailleurs à l'espèce actuelle. M. Rütimeyer désigne sous le nom de *Sus scrofa palustris* l'espèce ou la variété la plus abondante qu'il croit pouvoir séparer du Sanglier et du Porc domestique actuel. Il distingue parmi les ossements du genre *Bos* ceux du *B. primigenius*, du *Bison europæus* et des races du Bœuf domestique. Il y a comparativement peu de restes humains, et le plus grand nombre de ceux qu'on a rencontrés provenaient d'enfants sans doute tombés dans l'eau par accident. Dans les tombeaux de cet âge, les corps étaient placés assis, les genoux ramenés sous le menton et les mains croisées sur la poitrine.

Ainsi, à l'exception des coquilles et autres produits marins qui manquent nécessairement ici, la faune, dont les débris ont été retirés des lacs de la Suisse, s'accorde avec celle des Kjökkenmöddings. Dans l'une et l'autre se montrent l'Urus, le Bison (Aurochs), l'Élan, le Cerf commun et le Sanglier. Suivant quelques auteurs, l'Urus ou grand Bœuf fossile, aujourd'hui éteint, aurait seulement disparu vers le seizième siècle, si c'est celui que mentionne César. L'Aurochs se serait éloigné de l'Europe occidentale, car en Suisse on ne le vit plus après le dixième siècle. Il existait encore au douzième dans la forêt de Worms; en Prusse, le dernier fut tué en 1779, et l'on sait que, s'il n'a pas été complétement détruit en Lithuanie, c'est seulement à cause des mesures administratives particulières et conservatrices dont il est l'objet. L'Élan s'est aussi retiré du reste de l'Europe; le Bouquetin ne se rencontre plus que dans les massifs qui entourent le mont Iseran. L'extermination de l'Ours comme celle du Bouquetin aurait commencé par l'Est, car il vit encore dans le Jura, l'Unterwald et les parties sud-est de la Suisse. Le Castor, au contraire, a disparu plus récemment, ainsi que le Cerf.

Les animaux des Pfahlbauten avaient commencé à vivre avec les Éléphants, les Rhinocéros, l'Ours et l'Hyène des cavernes, espèces aujourd'hui éteintes, et la plupart d'entre eux habitent encore les mêmes lieux. Cependant il ne peut résulter de ces faits aucune confusion géologique. Les phénomènes phy-

siques quaternaires, et probablement un laps de temps très-considérable, séparent l'âge de pierre anté-historique de l'époque où vivaient paisiblement, dans l'Europe centrale et occidentale, l'*Elephas primigenius*, le *Rhinoceros tichorhinus* et les autres grands mammifères éteints, qui manquent dans les Pfahlbauten aussi bien que dans les Kjökkenmöddings et les marais tourbeux du Danemark. Le Renne, aujourd'hui relégué dans le Nord, avait également disparu de l'Europe occidentale à cette époque.

Quant à l'ancienneté relative probable de ces divers établissements, M. L. Rütimeyer regarde la petite localité de Moosseedorf comme offrant le plus ancien, puis viendraient ceux de Wanwyl, de Wangen, de Meilen, et en troisième lieu les habitations lacustres de la Suisse occidentale.

Restes de végétaux.

Relativement aux restes de végétaux, des grains de froment ont été recueillis à Meilen, à Moosseedorf et à Wangen. L'*Hordeum hexastichon* (espèce cultivée par les Égyptiens, les Grecs et les Romains) y a été rencontré. On a même découvert des espèces de pains ou galettes rondes, plates, de $0^m,10$ à $0^m,15$ de diamètre sur 2 à 3 centimètres d'épaisseur. On a trouvé des grains qui avaient été grillés, broyés entre deux pierres, puis entassés dans des vases de terre, coutume qui existait encore aux îles Canaries lorsqu'elles furent découvertes. Cependant, hormis la faucille, aucun instrument aratoire n'a été rencontré.

Des poires et surtout des pommes sauvages, entières ou coupées en 2 ou en 4, des noyaux de prunes sauvages ont été observés, mais aucune trace de l'existence de la Vigne, du Cerisier ni du Prunier de Damas n'a été constatée. Des graines de Framboisiers, du Mûrier, des noisettes et des faînes ont été trouvées dans des vases ; de sorte qu'on peut conclure que les habitants de ces âges reculés se nourrissaient en Suisse de grains, de fruits, de poissons et de la chair des animaux sauvages ou domestiques et sans doute aussi de lait.

Poteries.

La poterie, très-grossière alors, n'est connue que par des fragments ou un petit nombre de vases entiers dont la cuisson

était fort imparfaite. Leur forme est souvent cylindrique, quelques-uns sont arrondis à la base ; on n'y remarque aucun ornement représentant des animaux, mais seulement des lignes droites ou courbes.

Plus récemment, M. F. Troyon a fait connaître le résultat des fouilles exécutées dans l'emplacement lacustre de Concise, sur le bord du lac de Neuchâtel (1), emplacement dont l'étendue était de 140 mètres de long sur 76 de large. Plus de 750 objets d'industrie de l'âge de pierre en ont été retirés sans aucune pièce de métal ; celles de cette nature, trouvées en 1859, provenaient d'une des extrémités de l'établissement et probablement d'habitations moins anciennes. L'auteur estime que le nombre des pièces retirées lors des dragages exécutés pour le chemin de fer qui passe près de cet endroit n'est pas moindre de 24 000, à en juger par les sommes qu'elles ont rapportées aux ouvriers attachés à ces travaux.

Ages de bronze et de fer.

On a vu quels étaient les lacs où avaient été découvertes des habitations de l'âge de pierre. Disons quelques mots de celles de l'âge de bronze, quoiqu'elles puissent rentrer dans la période de l'histoire. Ces établissements existent dans les lacs de Genève, de Luissel, de Neuchâtel, de Morat, de Bienne et de Sempach, c'est-à-dire dans la partie occidentale et le centre de la Suisse ; ils sont ordinairement situés à une grande distance du rivage, dans des eaux plus profondes, et sont plus solidement construits. On y trouve des épées, des poignards, des haches, des pointes de lance et de flèches, des couteaux, des épingles et des objets d'ornement toujours en bronze. Pour donner une idée de la quantité de ces objets, nous dirons que dans l'établissement d'Estevayer, sur la rive orientale du lac de Neuchâtel, on a recueilli 36 épingles à grosse tête sphérique et ornée, 92 à tête ordinaire, 26 couteaux, 15 bracelets, 27 petits anneaux, 2 boutons, etc. A Morges, sur la rive nord du Léman, on a retiré 42 hachettes et 13 épingles ; au Stein-

(1) *Nouvelliste vaudois*, 31 déc. 1861.

berg, dans le lac de Bienne, 500 épingles à cheveux et divers ornements de la même forme que ceux recueillis dans d'autres parties de l'Europe. Les épées y sont aussi caractérisées par la la petitesse de la poignée. On a d'ailleurs acquis la certitude qu'on les fabriquait sur les lieux mêmes.

Les poteries, plus variées et plus soignées dans leur exécution que celles de l'âge de pierre, étaient faites avec la roue. Des anneaux en terre cuite sont fréquents. Quant aux matières mêmes du bronze, le cuivre et l'étain, il fallait qu'elles fussent apportées par le commerce, puisqu'elles n'existent point en Suisse.

Disparition des Pfahlbauten.

Ces Pfahlbauten ont diminué graduellement en nombre, depuis l'âge de pierre, où elles s'étendaient sur tous les lacs du pays, depuis l'âge de bronze, où elles étaient confinées dans la Suisse occidentale, jusqu'à celui du fer, où il n'en existait plus que dans les lacs de Bienne et de Neuchâtel. Pendant ce dernier âge, les formes des instruments et des armes étaient différentes ; la poignée des épées est plus large, plus ornée, les couteaux ont les bords droits, les faucilles sont plus grandes aussi ; les poteries, plus soignées, sont ornées de diverses couleurs, et le verre apparaît pour la première fois. Sous la domination romaine, les habitations lacustres n'étaient plus que des exceptions, et elles durent disparaître tout à fait peu de temps après.

De ce qu'on ne trouve point dans les Kjökkenmöddings des restes d'animaux domestiques comme dans les Pfahlbauten de la Suisse, il serait prématuré d'en conclure avec M. de Morlot qu'ils sont plus anciens que ceux-ci ; il n'y a pas, comme nous l'avons dit au commencement, nécessairement contemporanéité entre deux civilisations analogues et non-contemporanéité entre deux civilisations différentes.

Quant aux traces d'habitations lacustres de l'âge de pierre, signalées dans divers pays, elles sont jusqu'à présent beaucoup moins importantes que celles dont nous venons de parler. Elles sont purement locales, accidentelles, et n'offrent point ce caractère de généralité qui, en Suisse, consti-

tuait tout un système de constructions contemporaines, propre au pays.

Les *crannoges* d'Irlande sont des îles artificielles, composées de pierres et de terre, soutenues par de nombreux pilotis, et qui servaient en même temps de forteresses. On y a trouvé une prodigieuse quantité d'ossements qui ont été exploités et employés comme engrais. Leur origine remonte certainement à l'âge de pierre; mais, ayant été habités et modifiés par les populations de tous les âges jusqu'au dix-septième siècle, les restes des civilisations qui s'y sont succédé s'y trouvent mélangés. M. Wilde a publié un ouvrage spécial sur ce sujet en 1856. Irlande.

En Angleterre, dans le comté de Norfolk, à six milles au nord de Thetfort, on a trouvé, dans un bassin tourbeux, des produits de l'industrie de l'âge de pierre, des pieux nombreux plantés verticalement, dont l'extrémité supérieure était taillée en pointe, le tout paraissant provenir d'un ancien établissement lacustre. Des indications de constructions analogues ont encore été données sur divers points du Hanovre et de la Hollande. Angleterre.

Des traces de l'âge de pierre ont été signalées par MM. Garrigou et Filhol dans les cavernes de la vallée de Tarascon (Ariége) (1), particulièrement dans celles de Pradières, de Bedeillac, de Sabart, de Niaux, d'Ussat et de Fontanet. Dans la terre qui en constitue le sol on a rencontré, à une certaine profondeur, des restes de foyer, des cendres, du charbon, des os d'animaux cassés et fendus pour en extraire la moelle, d'autres calcinés, des amas d'*Helix nemoralis* ayant dû servir à la nourriture des habitants, des objets divers travaillés en os de Bœuf, de Mouton, etc., tels que des poinçons, des pointes de flèches et de lances, des fragments de silex, des schistes siliceux taillés en grattoirs, et d'autres usés en forme de couteaux, des haches en leptynite et en serpentine, des meules piquées comme celles de nos moulins, en granite, en syénite et de diverses grandeurs, des fragments de quartzite taillés, enfin de France.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol. LVII, p. 839; 1863.

nombreux débris de poteries grossières, dans la pâte desquelles on reconnaît les grains de quartz, les paillettes de mica, etc.

Les animaux dont les ossements ont été déterminés sont le *Cervus elaphus*, deux Bœufs, un Mouton, une Chèvre, une Antilope, un Chamois, un Bouquetin? le *Sus scrofa* et un autre plus petit, domestiqué, le Cheval? le Loup, le Chien, le Renard, le Blaireau, le Lièvre et deux oiseaux.

De ces faits les auteurs concluent « qu'il y a eu dans cette « partie des Pyrénées, et sans doute aussi dans le reste de la « chaîne, une population anté-historique dont les mœurs et le « degré de civilisation étaient semblables à celles des populations « de l'âge de pierre, en Suisse. Ces peuples habitaient l'entrée « des cavernes les plus saines et les plus spacieuses, se nour- « rissaient de la chair des animaux qui abondaient dans le « pays, faisant des armes de leurs os les plus résistants, ainsi « que des roches les plus dures. Ils cultivèrent probablement « le froment, comme leurs frères de la Suisse, et c'est à sa « trituration qu'étaient sans doute destinées les nombreuses « meules que nous avons découvertes. Les métaux leur furent « inconnus. »

Italie. L'usage des habitations lacustres n'était pas moins répandu en Italie qu'en Suisse. M. Gastaldi (1) a publié les découvertes de ce genre faites dans les tourbières, *marlières* ou *marnières* de Mercurago, près d'Arona, où se trouvent des instruments de l'âge de pierre; les poteries de Castellazzo di Fontanellato, dans le duché de Parme, d'Enzola et de quelques autres localités sont surtout très-curieuses. M. Keller (2) en a signalé dans le lac de Garde, près de Peschiera; M. de Mortillet (3) dans le lac de Varèse, d'après M. Desor. Dans l'Italie centrale, les

(1) *Nuovi cenni sugli oggetti di alta antichità trovati nelle torbiere e nelle marniere dell' Italia*, in-4 avec 6 pl. Turin, 1862. — Voyez aussi: *Cenni su alcune armi di pietra e di bronzo trovate nell' Imolese*, etc. (*Atti della Società ital. di scienze naturali*, vol. III, p. 11; 1861.)

(2) *Bericht über der Pfahlbauten*. Zurich, 1863.

(3) *L'Italia*, 6 mai 1863. — *Revue scientifique italienne*, 1re année, p. 19; 1863.

recherches de M. Pellegrino Strobel et de M. L. Pigorini (1) ont beaucoup contribué à faire connaître les restes d'habitations et les objets d'industrie primitive de l'Émilie et du Parmesan. M. Scarabelli (2) a trouvé aux environs d'Imola des bouts de lances et de flèches en silex et des haches en diorite ou en diaspro noir; M. Forel (3), des instruments en silex avec des ossements de Cerfs, Chevreuils, Brebis, Bœufs, Chevaux, Cochons, Loups, Chats, des coquilles et du charbon dans les cavernes de Menton; M. Capellini (4), une flèche en diaspro de la Spezia.

Les *terremare*, disent MM. Strobel et Pigorini, sont des accumulations naturelles ou artificielles de terres plus ou moins marneuses contenant des cendres, du charbon, des débris d'animaux et de végétaux, avec des armes, des ustensiles d'une haute antiquité. Les *palafitte* sont des constructions sur pilotis analogues à celles de la Suisse. Ce sont surtout les fouilles exécutées par M. Strobel dans l'ancien établissement de Castione, près Borgo San Donnino, qui ont apporté la plus grande quantité d'objets intéressants et ont donné lieu à des publications accompagnées de planches, auxquelles nous ne pouvons que renvoyer le lecteur.

Jusqu'à présent, il ne semble pas cependant que ces anciennes habitations au pied sud des Alpes aient jamais offert un développement aussi considérable qu'au nord, ni suggéré aux archéologues des distinctions d'âges ou chronologiques aussi tranchées. Nous devons donc nous borner à ces indications, en attendant que le zèle et la science bien connus des personnes

(1) *Le terremare dell' Emilia.* Prima relazione, in *Nuovi cenni*, etc., *vid.* suprà.—*Die Terramara-Lager der Emilia.* Erster Bericht, in-4. Zurich, 1863. — *Avanzi preromani raccolti nelle terremare e palafitte dell' Emilia.* Fascicolo 1°, avec 4 pl., in-8. Parme, 1863. — *Lettera scritta al Sign. Rabbeno, direttore della Gazzetta di Parma,* 10 août 1863. — *Palafitta di Castione;* Gazzetta di Parma, n°s 234, 235; 1862. — L. Pigorini, *Terramara di Casaroldo in Samboseto.* Ib., n° 277.

(2) *Annali delle scienze nat. di Bologna,* 1850.

(3) *Notice sur les instruments en silex,* etc., in-8. Lausanne, novembre 1860.

(4) *Le scheggie di diaspro dei monti della Spezia,* in-8. Bologne, 1862.

qui s'occupent de ces recherches soient parvenus à des résultats plus précis.

§ 5. Ouvrages en terre de l'Amérique du Nord.

Si nous poursuivons actuellement ces études dans le nord de l'Amérique, nous verrons combien sont différents les travaux exécutés par les premiers peuples qui ont habité le bassin du Mississipi, combien les traces de ces premiers établissements humains, dans ce que nous appelons le nouveau monde, diffèrent de ce que nous venons de décrire dans une partie de l'ancien; néanmoins, nous n'avons encore aucune preuve de la contemporanéité des uns et des autres; mais nous voyons qu'ils ont cela de commun d'être antérieurs à toute tradition historique, à toute reproduction de la pensée par des signes conventionnels et postérieurs aux derniers phénomènes quaternaires.

Observations générales.

Nous extrairons d'abord du grand travail de M. S. F. Haven, sur l'archéologie des États-Unis (1), quelques généralités sur ce sujet, et nous donnerons ensuite des détails plus circonstanciés puisés dans l'ouvrage spécial de MM. Squier et Davis.

Les monuments les plus anciens et caractéristiques de l'industrie humaine aux États-Unis sont des constructions ou plutôt des ouvrages en terre, plus ou moins élevés, plus ou moins étendus, de formes très-diverses, et souvent bordés en dehors par un fossé. Ils manquent dans les États qui longent l'Atlantique au nord-est; à peine quelques exemples peu importants et d'une ancienneté douteuse s'observent-ils dans le Maine et le New-Hampshire; dans l'État de New-York, ils commencent à être plus nombreux, surtout vers l'ouest; au delà des Al-

(1) *Archæology of the United States or sketches historical and bibliograph.*, etc., *of antiquity in the U. States; Smithsonian contributions to knowledge*, 1855.

leghanies et à l'est du Mississipi, ils s'étendent depuis les bords des grands lacs, au nord, jusqu'aux plages du golfe du Mexique, au sud. Ils existent en plus ou moins grand nombre dans les parties méridionales, vers l'Atlantique, remontent jusque dans les Carolines, et sont connus sur la péninsule de la Floride. A l'ouest du Mississipi, on en a constaté jusqu'à 1,500 milles de son embouchure, et il y en a le long de la Kansas et de la rivière Platte. On n'en cite point au Texas, au Nouveau-Mexique, le long du pied oriental des Montagnes-Rocheuses, ni sur les deux rives du Missouri.

Contemporanéité de l'homme avec les espèces perdues?

M. Haven rapporte quelques faits qui tendraient à prouver la contemporanéité de l'homme avec certaines espèces de grands mammifères éteints; mais si cette contemporanéité n'est pas absolue, du moins l'extinction de ceux-ci paraît-elle avoir été très-rapprochée de l'arrivée des premiers hommes dans le pays. On sait qu'au Brésil l'association d'os humains avec ceux d'espèces perdues, signalée par M. Lund dans les cavernes, a été attribuée à une circonstance locale. Aux États-Unis, les exemples cités sont d'une autre sorte.

Nous avons déjà dit, en traitant de l'histoire de la paléontologie (*Première partie*, p. 216), que les restes de *Megatherium* et de Mastodonte se rencontraient presqu'à la surface du sol, et ne montraient aucune preuve qu'ils eussent été transportés ni roulés par des eaux torrentielles; que de l'estomac d'un Mastodonte trouvé dans un petit marais du comté de Warren (New-Jersey), on avait retiré sept boisseaux de substances végétales dont il s'était nourri, et qui provenaient du Cèdre blanc, qui végète encore sur les lieux; que les os d'un squelette presque entier, provenant de Newbury (New-York), contenaient encore presque toute leur gélatine; qu'un *Megatherium* déterré lors du creusement du canal de Brunswick était tellement près de la surface que les racines des Pins se prolongaient parmi les os; enfin que toutes les coquilles fluviatiles et terrestres recueillies non-seulement avec les ossements, mais encore au-dessous d'eux, sont celles qui vivent aujourd'hui dans le pays, de sorte que ces divers motifs tendraient à prouver que les conditions du climat n'a-

vaient pas sensiblement changé depuis que ces grands mammifères habitaient la contrée.

M. Haven rappelle que l'on a signalé dans le comté de Gasconnade (Missouri) un Mastodonte que l'on supposait avoir été tué à coups de pierres par les Indiens et en partie consumé par le feu. Il y avait auprès, avec des os et des bois brûlés, des haches, des couteaux et des pointes d'armes en pierre. Les cendres et les charbons, en plus grande quantité sur la tête et le cou de l'animal, semblaient prouver que le feu y avait été entretenu plus longtemps. Par la position du squelette, on pouvait présumer que le Mastodonte s'était enfoncé dans la vase par son train de derrière, que, n'ayant pu s'en retirer, il était tombé sur le côté droit, et que c'est dans cette situation que les indigènes l'auraient tué. Entre les pierres et les cendres, on trouva de grands lambeaux de peau ressemblant à celles qui ont été récemment tannées et beaucoup de petits fragments de parties molles (nerfs, artères) de la grandeur de la main qui ont été recueillis et conservés dans l'alcool (1).

Mais peut-être n'y a-t-il ici qu'un de ces exemples que nous avons cités et auquel l'imagination du voyageur aura ajouté quelques circonstances pour lui donner plus d'intérêt. Nous avons dit, en effet (*Première partie*, p. 216), que dans certains marais on avait trouvé des squelettes entiers de Mastodontes, debout, ensevelis dans la vase; or on conçoit qu'il aura suffi de rencontrer un de ces squelettes dans la position indiquée, avec quelques pierres dans son voisinage, et même des traces de feu et de la présence de l'homme, pour en conclure une contemporanéité que les faits ne suffisent pas à démontrer.

De son côté, M. Eichwald (2) rapporte, sans citer la source où il l'a puisé, un autre fait que voici : A l'embouchure de la rivière Pomme-de-Terre, affluent du Mississipi, on a trouvé dans un dépôt d'alluvion un squelette entier de Mas-

(1) *Amer. Journal* de Silliman, vol. XXXVI, p. 199.
(2) *Lethæa rossica*, p. 352.

todonte et tout près quelques pointes de flèches en silex de la forme de celles qu'emploient les Indiens actuels, quoique beaucoup plus grandes. L'une de ces flèches était placée au-dessous de l'os du bassin sur lequel elle avait laissé des traces. L'auteur suppose que l'animal aura été tué à la chasse par les naturels. Il était recouvert d'un dépôt de transport de 1 mètre à 1^m,25 d'épaisseur, renfermant beaucoup de végétaux des tropiques (Cyprès, Cannes, *Strelitzia*, Palmiers, etc.), puis venaient au-dessus une argile de diverses couleurs et des couches très-modernes remplies de feuilles de Chêne, de Saule et d'autres arbres de la flore de nos jours, « ce qui prouve, dit « l'auteur, que le Mastodonte habitait encore l'Amérique « septentrionale pendant les temps historiques. » Il y a dans ces faits comme dans la conclusion des contradictions trop évidentes avec ce que l'on sait d'autre part, pour qu'on ait besoin de les faire ressortir.

M. le colonel Smith, dans son Histoire naturelle de l'homme (1), dit aussi qu'au Brésil les os de *Megatherium* se rencontrent à la surface du sol, ayant l'apparence d'os tout à fait récents (*in a recent state*), et, ajoute-t-il, peut-on concevoir qu'ils aient ainsi résisté à la destruction, exposés pendant quatre ou cinq mille ans à l'action du soleil et des pluies tropicales? Les indigènes se servent des os du bassin de ces grands animaux pour établir leurs foyers temporaires.

Dans l'Amérique du Nord, les légendes ou traditions des naturels font mention de grands mammifères qui auraient disparu, tels que le grand Élan ou Buffalo, le Mastodonte appelé le *Père aux Bœufs*, et d'autres détails fournis par les Indiens se rapporteraient au *Megalonyx*.

Dans la Nouvelle-Zélande, nous savons aussi, d'après M. J. Haast, que des instruments en pierre indiquent l'existence d'une population primitive antérieure aux Maories actuels.

Quoi qu'il en soit de ces divers exemples, il n'y a pas encore, dans le nouveau monde plus que dans l'ancien, de preuves

(1) *Nat. Hist. of the human species*, p. 104.

irrécusables de la contemporanéité des espèces de grands animaux éteints avec l'espèce humaine postérieurement aux phénomènes de l'époque quaternaire. Nous rechercherons plus tard si cette contemporanéité a eu lieu auparavant, mais nous avons dû rappeler ce qui avait été dit à ce sujet avant de nous occuper plus particulièrement des ouvrages en terre auxquels nous revenons actuellement en prenant pour guide le grand et important mémoire de MM. E. G. Squier et E. H. Davis sur les anciens monuments de la vallée du Mississipi (1).

Recherches de MM. E. G. Squier et E. H. Davis. — Distribution géographique.

Après avoir jeté un coup d'œil sur les recherches qui ont précédé les leurs, MM. Squier et Davis font remarquer que les anciens monuments de l'ouest des États-Unis consistent pour la plupart en élévations et en ouvrages en terre et en pierre, exécutés avec une grande dépense de travail, et avec un but déterminé. On y trouve aussi réunis divers objets qui ont servi d'ornements, d'armes, d'instruments ou ustensiles de toute sorte, quelques-uns en métal, mais le plus grand nombre en pierre. Ces ouvrages sont répartis dans le bassin entier du Mississipi et de ses nombreux affluents, puis sur les plaines fertiles qui bordent le golfe du Mexique. On connaît, en outre, une multitude de petits tumulus sur le territoire de l'Orégon ; il y en a sur le Rio Gila de la Californie, sur les tributaires du Colorado de l'ouest, mais il reste à décider s'ils sont semblables à ceux du Mississipi et s'ils ont la même origine.

On observe particulièrement ces travaux en terre dans les vallées des rivières et des grands ruisseaux, rarement très-loin des cours d'eau ; quelquefois ils se trouvent sur les collines ou dans des pays accidentés, mais ils sont alors peu fréquents et toujours de petites dimensions.

Malgré leurs analogies, qui témoignent d'une origine commune, ils peuvent être considérés, relativement à certains caractères, comme répartis dans trois régions géographiques, où ils

(1) *Ancient monuments of the Mississipi valley*, etc., avec 48 pl. et 207 dessins insérés dans le texte. (*Smithsonian contributions to Knowledge*, vol. I, 1848.)

se montrent très-différents, mais dont les limites n'ont rien d'absolument tranché, car ils passent graduellement de l'une à l'autre.

Dans la région qui borde les grands lacs, à une certaine distance, dans les États de Michigan, d'Iowa, du Missouri et surtout dans celui du Visconsin, les monuments en terre affectent une série de formes singulières et n'offrant qu'une ressemblance éloignée avec ce que l'on voit ailleurs. Le plus grand nombre sont des représentations grossières de quadrupèdes, d'oiseaux, de reptiles et même d'hommes, de dimensions gigantesques, et semblables à d'immenses et informes bas-reliefs épars ou couchés à la surface du pays. Souvent ils sont disposés en longues rangées; ils constituent aussi des monticules (*mounds*) ou tumulus, et des lignes de fortifications formant des enceintes. Ces effigies d'animaux sont surtout nombreuses dans le Visconsin, le long de la rivière de ce nom et de la rivière Rock. Dans l'Iowa et le Michigan elles sont alignées comme les bâtiments d'une ville moderne, et occupent une surface de plusieurs acres (1).

Plus au sud, dans le bassin de l'Ohio, les anciens travaux en terre sont plus grands et mieux caractérisés; il y a peu de formes d'animaux, et ils semblent avoir été élevés sur des principes différents et pour un objet également différent des précédents. Il y a beaucoup de monticules coniques ou pyramidaux, parfois de très-grandes dimensions. Les pyramides sont toujours tronquées au sommet et les faces sont taillées en gradins. De nombreuses clôtures ou enceintes en terre ou en pierre sont en relation avec ces tumulus. Ce sont de beaucoup les travaux les plus remarquables qu'aient laissés les peuplades aborigènes et ceux qui donnent la plus haute idée du nombre et de la puissance des habitants qui les ont construits.

Plus au sud encore, dans les États qui bordent le golfe du Mexique, les buttes, les monticules ou tumulus augmentent de grandeur, sinon en quantité, et leurs formes sont plus régu-

(1) L'acre anglais équivaut à 40 ares.

lières. Les formes coniques deviennent comparativement rares, celles qui sont en pyramides tronquées et garnies de gradins pour atteindre le sommet, comme les Teocallis du Mexique, sont plus fréquentes et affectent une certaine dépendance dans la position qu'elles occupent les unes par rapport aux autres. Les enceintes, au contraire, diminuent de dimension; elles sont moins nombreuses et perdent beaucoup du caractère qu'elles avaient au nord, tout en conservant néanmoins une ressemblance générale. Ici on commence à trouver des restes de briques dans les monticules et les murs de clôture.

Nombre des ouvrages en terre.

Le nombre de ces constructions en terre est si considérable qu'on les avait attribuées, sinon toutes, au moins pour la plus grande partie, à des causes naturelles, à des résultats d'actions diluviennes, modifiés peut-être ensuite par l'homme, mais dans aucun cas n'étant dus à lui seul. Cependant cette opinion n'a pu se maintenir après un examen attentif de la composition, de la structure, de la forme de ces ouvrages et des divers objets qu'on y a trouvés.

Si l'on prend pour exemple, avec MM. Squier et Davis, la vallée de la rivière Scioto, aux environs de Chillicothe (Ohio), on y voit les clôtures en terre de diverses formes géométriques, régulières ou non; telles que le cercle, le carré, le demi-cercle, le trèfle, etc., entourant un plus ou moins grand nombre de monticules ou buttes (*mounds*). Dans le comté de Ross (Ohio) on ne compte pas moins de 100 enceintes de diverses grandeurs et 500 tumulus. Dans tout cet État il y a environ 10,000 tumulus et 1000 à 1500 enceintes. Quelques-unes de ces dernières ont jusqu'à 2 milles et demi de tour.

Ces ouvrages ne sont guère moins répandus sur la Kenhawa, en Virginie, que sur la Scioto, sur les bords de la Miamie, la White-river, le Wabash, le Kentucky, le Cumberland, le Tennessee et les autres tributaires de l'Ohio et du Mississipi.

Formes et dimensions.

Quant à leurs dimensions, elles sont aussi remarquables que leur nombre. Certaines lignes d'enceinte ont de 1 mètre 50 à 10 mètres de hauteur, circonscrivant des espaces de 1 à 50 acres. Ce sont les plus communs. Ceux de 100 à 200 acres

sont moins fréquents. On cite des enceintes comprenant des espaces de 400 et même de 600 acres de superficie. Il n'y a pas d'ailleurs toujours de rapport entre l'espace entouré et la grandeur ou l'importance des travaux exécutés autour.

Les tumulus (*mounds*) sont de toutes les dimensions, depuis 1^{m}, 50 de hauteur sur quelques mètres de diamètre jusqu'à 21 mètres sur 100, comme celui qui est à l'embouchure du Grave-Creek (Virginie). Le tumulus de Miamisburgh (comté de Montgomery, Ohio) a 20 mètres de haut et 260 mètres de circonférence à la base. La pyramide de Cahokia (Illinois) a 27^{m}, 36 de hauteur et 600 mètres de circonférence. Son sommet a plusieurs acres de surface. Le grand monticule de Selserstown (Mississipi) occupe une surface de 6 acres ou près de deux hectares et demi. Les ouvrages de cette dimension sont plus fréquents dans la région sud, quoiqu'il y en ait aussi quelques-uns au nord. Les plus communs ont de 2 à 10 mètres de hauteur sur 12 à 30 de diamètre à la base.

Toutes ces constructions sont en terre ou en pierre, et quelquefois les deux sortes de matériaux ont été employées dans le même ouvrage. Lorsqu'il n'y a point de fossé intérieur ou extérieur qui ait fourni les matériaux du terrassement, on remarque dans le voisinage les anciens trous d'où la terre a été tirée. Quelquefois cependant elle a été apportée de loin.

La plus grande partie de ces enceintes présente des formes régulières, parmi lesquelles le carré prédomine ainsi que le cercle. Il y a des parallélogrammes, quelques ellipses, des polygones réguliers et irréguliers.

Emplacements.

Les travaux réguliers sont presque invariablement placés sur les terrasses de niveau qui bordent les rivières. Les travaux irréguliers ont particulièrement le caractère de lignes de défense, se conformant aux accidents du sol et suivant les contours de la crête des collines. Les carrés et les cercles sont souvent combinés de diverses manières. Les lignes détachées parallèles sont également fréquentes. On observe en outre des chaussées et des gradins descendant aux rivières, aux courants ou allant d'une terrasse à l'autre.

Les plus grands et les plus singuliers de ces ouvrages se trouvent dans les vallées les plus ouvertes et les plus fertiles. Les points choisis par les Européens dans le dernier siècle et dans celui-ci pour l'établissement des villes, des bourgs et des villages sont souvent ceux qu'avaient aussi préférés les premiers habitants du pays. Ainsi Marietta, Newark, Portsmouth, Chillicothe, Circleville et Cincinnati (Ohio), Franquefort (Kentucky); Saint-Louis (Missouri) sont des centres de populations actuelles qui l'étaient déjà lorsque florissait la race mystérieuse des tumulus.

Destination. Les monuments des aborigènes de la vallée du Mississipi, soit en terre, soit en pierre, sont des enceintes bordées de parapets de circonvallation ou de murs. On y distingue les enceintes de défense, les enceintes sacrées, les tumulus des sacrifices, les tumulus des temples, ceux des sépultures, etc., dans lesquels ont été trouvés de nombreux restes d'industrie, tels que poteries, ustensiles et outils, armes et objets d'ornements en pierre, en os, en métal, des ossements humains, etc. MM. Squier et Davis étudient successivement ces divers sujets, dont ils donnent de nombreux dessins, des plans et des descriptions détaillées. Nous citerons comme exemples un tumulus destiné aux sacrifices et un autre qui avait servi de sépulture.

Les autels ou monticules qui servaient aux sacrifices se trouvent presque toujours dans les enceintes ou à une faible distance. Les matériaux qui les constituent sont stratifiés ou ont été disposés par couches. Ils contiennent dans leur intérieur ou à leur base des autels de forme symétrique, en argile cuite ou en pierre, sur lesquels sont déposés des débris qui ont toujours conservé les traces du feu. La disposition stratifiée des matériaux de ces ouvrages les distingue de tous les autres. Les couches ne sont jamais horizontales, au moins dans les tumulus à autels du nord et du centre, mais courbées parallèlement aux surfaces extérieures, ce qui dénote suffisamment leur origine artificielle.

Les bassins trouvés dans l'intérieur sont de formes diverses, arrondis, elliptiques, carrés, en parallélogramme, etc. Il y en a

de 0^m, 60 de large seulement, d'autres ont 15 mètres de long sur 3 ou 4 de large. Leurs dimensions les plus ordinaires sont de 1^m, 50 à 2^m, 80.

La coupe d'un de ces tumulus de sacrifice, de 2^m, 25 de haut, a présenté les détails suivants : 7 ou 8 couches superposées et arquées régulièrement étaient de haut en bas composées successivement de gravier, de sable et de cailloux, de sable fin, de terre, de sable et de terre recouvrant un bassin en argile cuite de 3^m de diamètre à la base et de 1^m, 60 à sa partie supérieure, déprimé en forme de coupe et contenant des cendres sèches, fines, mélangées de fragments de poterie d'une forme élégante. Sur les cendres était un lit de feuilles de mica. Au-dessus et au milieu du bassin des os humains en partie brûlés, circonstance particulière qui ne s'est présentée qu'une fois.

On trouve fréquemment, au contraire, des restes humains, même des squelettes entiers, des populations actuelles, qui ont été ensevelis plus ou moins profondément dans les tumulus anciens ; mais les restes reconnaissables des populations contemporaines de ces travaux sont extrêmement rares. Lorsqu'on atteint le centre des tumulus qui ont servi de sépulture, on rencontre les ossements écrasés ou tombant en poussière au moindre contact. Le seul exemple d'un crâne un peu complet et incontestablement de la race contemporaine des monuments a été observé dans un tumulus situé au sommet d'une colline qui domine la vallée du Scioto, à 4 milles au-dessous de Chillicothe. Le monticule, de 2^m,50 de hauteur sur 15 de diamètre à la base, était formé d'une couche d'argile dure, jaune, recouvrant un amas de pierres disposé en dôme, et au sommet duquel était une large plaque de mica ; au-dessous et au centre se trouvait un dépôt charbonneux, de terre cuite et de petites pierres entourant quelques os et un crâne assez bien conservé. Le caractère le plus remarquable de celui-ci était sa forme arrondie. Son diamètre vertical était de 6 pouces 2 lignes, le diamètre longitudinal de 6 pouces 5 lignes, et la distance entre les pariétaux de 6 pouces. Ce seraient, suivant M. Morton, les caractères du

type de la race américaine, particulièrement de la famille des Toltèques, et dont la tête des Péruviens est le modèle.

Métaux et objets d'industrie.

Le cuivre a été le métal le plus anciennement employé par ces populations primitives de l'Amérique du Nord; l'argent qu'on y trouve et ses autres caractères prouvent qu'il provient des mines si riches encore des bords du lac Supérieur. Le minerai n'était point d'ailleurs fondu, mais battu à froid.

Les poteries trouvées dans ces ouvrages sont très-perfectionnées, et, quant aux armes en pierre, on remarquera que celles qui ont été recuillies en Asie, en Europe et en Amérique sont tellement semblables par la forme et le genre de travail, qu'on pourrait les regarder toutes comme l'ouvrage d'un seul et même peuple.

Populations aborigènes.

MM. Squier et Davis résument ensuite leurs nombreuses recherches et terminent leur travail par les considérations suivantes : Ces travaux sont, disent-ils, la preuve de l'existence d'une population nombreuse et agricole. Les instruments en pierre, en bois, en os et en cuivre qui nous restent n'ont cependant pu être que de faibles moyens pour les constructeurs, qui ont dû principalement se servir de leurs mains et de ressources étrangères bien peu puissantes pour creuser le sol et accumuler jusqu'à 20 millions de pieds cubes de matériaux comme ceux qui constituent, par exemple, le seul tumulus de Cahokia. Ces ouvrages sont, en outre, presque exclusivement confinés aux vallées fertiles, aux plaines alluviales productives des bords des lacs et du golfe du Mexique, là où la culture du sol était le plus avantageuse. Aussi les auteurs voient-ils dans ces travaux, comme dans les objets d'industrie, les poteries, les armes et une culture supposée assez avancée, la preuve que ces populations auraient eu des lois, des coutumes et une religion.

Ancienneté.

Maintenant, quelle peut être l'ancienneté relative de ces nombreux travaux? sont-ils tous contemporains? ou bien pourrait-on y découvrir une certaine succession? tous ces monuments, qui occupent de si vastes surfaces, sont-ils l'œuvre d'une seule race; sont-ils le résultat d'une seule pensée, d'une

seule impulsion, d'une seule coutume? A cet égard, les auteurs ne nous paraissent pas concevoir le moindre doute ; ils sont pour l'affirmative.

Cependant il sera permis, à la distance où nous sommes des lieux et des temps, de ne pas avoir une certitude aussi complète, si l'on songe surtout qu'à l'époque des recherches de MM. Squier et Davis, l'idée, qu'il y avait eu une certaine succession dans les peuplades qui avaient habité un pays avant toute tradition historique, n'était pas encore répandue parmi les archéologues. Lorsque l'on compare les produits de l'industrie humaine dans cette partie du monde, on reconnaît qu'il y en a qui sont certainement plus récents que d'autres, et les poteries à contours réguliers ornées de dessins symétriques ne peuvent pas provenir du premier état sauvage de ces populations. Il faut que la civilisation, quelque imparfaite qu'elle ait été, qui a tracé et construit ces travaux dont les formes sont géométriquement exactes, ait été précédée d'un état beaucoup plus barbare où n'existaient encore aucune des notions nécessaires pour les exécuter. Nous sommes donc porté à regarder les populations qui occupaient alors le bassin du Mississipi comme étant déjà loin de l'homme primitif, ou bien il y aurait dans les divers faits observés une succession ou une chronologie qui n'a été ni distinguée ni caractérisée.

Il faut remarquer, d'un autre côté, que, malgré tout ce développement de force, d'industrie, d'intelligence appliquée et de civilisation supposée par MM. Squier et Davis, on ne voit encore cités, parmi les objets trouvés dans ces ouvrages si nombreux et dont plusieurs des plus remarquables ont été fouillés en tout sens, aucune médaille, aucune monnaie de métal, aucune inscription sur la pierre, symbolique ou autre, aucune manifestation de la pensée traduite par des signes quelconques et transmise de générations en générations. Bien plus, on ne mentionne pas de restes caractérisés des habitations de ces peuples ; aucune des constructions qui les abritaient n'a survécu, n'a résisté à l'action du temps ; on ne signale pas une pierre, pas une brique, pas un morceau de bois qui provienne

évidemment de leurs maisons, dont la forme, les dimensions, les caractères et les matériaux nous sont complétement inconnus. Ainsi, rien n'est resté pour nous guider à cet égard dans la profondeur des temps où vivaient ces peuplades, dont tout ce qui pouvait se détruire a disparu.

Moyens d'évaluer leur ancienneté.

Non-seulement l'histoire est muette envers eux comme pour les établissements de l'Europe, mais encore les données archéologiques, comme on le voit, ne peuvent nous fournir, jusqu'à présent du moins, de chronomètre de quelque valeur. De ce que ces travaux et les divers objets qu'on y a trouvés semblent indiquer une civilisation plus avancée que celle qui a construit les habitations lacustres de la Suisse et accumulé les Kjökkenmöddings du Danemark, ce n'est point, comme on l'a dit, un motif suffisant pour les rapporter à une époque moins ancienne.

Cherchons donc si, par l'examen des phénomènes naturels, il ne serait pas possible de suppléer au silence des traditions et à l'absence de tout document écrit.

MM. Squier et Davis font remarquer qu'aucun des anciens monuments dont on vient de parler ne se trouve sur la terrasse la plus récente des diverses vallées du bassin de l'Ohio, et si les terrasses marquent l'abaissement successif du niveau des rivières, celle-ci, qui est la quatrième, s'est formée depuis que ces cours d'eau suivent leur lit actuel. Or on ne voit pas pourquoi les habitants n'auraient pas construit ces ouvrages sur cette dernière aussi bien que sur les trois autres, et, s'il y en avait eu, pourquoi on n'en retrouverait pas les traces.

Si l'on suppose, par exemple, que la terrasse inférieure de la rivière Scioto ait été formée depuis l'âge des monuments en terre, on peut admettre que le pouvoir d'excavation des rivières de l'ouest diminue dans le temps à mesure que le pays environnant s'approche davantage du niveau général. Sur le Mississipi inférieur, où seulement les anciens travaux sont quelquefois envahis par l'eau, le lit du torrent s'élève par les sédiments apportés des régions supérieures, où l'excavation se produit. Cette puissance d'érosion est d'ailleurs inverse du carré

de la profondeur, c'est-à-dire qu'elle diminue comme le carré de la profondeur s'accroît; par conséquent la dernière terrasse, due à l'action des mêmes causes, doit avoir exigé pour sa formation, toutes choses égales d'ailleurs, plus de temps que chacune des trois autres. Ainsi le temps depuis lequel les rivières suivent leurs directions actuelles semble pouvoir être divisé en autant de périodes qu'il y a de terrasses. Ces périodes auraient été d'inégales longueurs, et la dernière, celle que l'on suppose formée depuis que vivaient les populations qui ont construit les ouvrages en terre, est aujourd'hui la plus basse, et ferait remonter ces constructions à une haute antiquité, si l'on en juge par la marche actuelle des choses.

Mais un fait d'où l'on peut tirer peut-être une conclusion plus directe, c'est que ces travaux sont aujourd'hui recouverts de forêts qu'il est impossible de distinguer de celles qui les entourent, sur des points où il n'est pas probable qu'aucun défrichement ait été fait, et qui ont par conséquent tous les caractères des forêts que l'on peut supposer être primitives, comme si la nature s'était plu à voiler elle-même toutes les traces de ces peuples sans nom.

Ici nous ne trouvons rien de comparable à ces flores forestières qui, dans le nord de l'Europe, succédant à l'âge de pierre, semblaient y accompagner chaque âge des premières civilisations humaines. En Amérique, la nature reste uniforme : les arbres des forêts se succèdent sans modifier leurs essences; ceux qui recouvrent les travaux des hommes ne diffèrent point de ceux qui les avaient précédés; l'apparition de ces races perdues n'a été qu'un accident momentané après lequel la même végétation a repris tout son empire.

Quelques-uns des arbres de ces forêts qui couvrent les monuments ont une ancienneté certaine de 600 à 800 ans, et si l'on accorde un temps convenable pour le développement général de ces mêmes forêts, après que ces ouvrages eurent été abandonnés par ceux qui les avaient élevés, et pour la période sans doute fort longue qui a dû s'écouler entre cet abandon et la date de leur construction, nous nous trouvons reportés en-

core, comme par l'autre moyen d'évaluation, à une très-grande ancienneté.

Non-seulement les forêts qui ont succédé à ces populations sur les lieux mêmes qu'elles occupaient présentent les mêmes essences d'arbres que celles qui n'ont jamais été exploitées, mais encore ces essences y sont exactement dans les mêmes proportions et offrent le même aspect tout à fait primitif, circonstance qui avait vivement frappé le président Harrison. Lorsqu'une surface de pays a été défrichée, puis abandonnée de nouveau à elle-même, on a calculé qu'il fallait au moins cinq siècles pour que l'état de la forêt fût rétabli, et lorsqu'on observe l'aspect actuel de celles qui recouvrent les monuments en terre, on reste convaincu qu'il a fallu plusieurs de ces périodes de cinq siècles pour imprimer à ces forêts comparativement nouvelles tous les caractères des anciennes.

Enfin, MM. Squier et Davis pensent qu'il devait y avoir des communications entre les diverses parties de la vallée du Missisipi, puisqu'on trouve à la fois dans les mêmes tumulus le cuivre natif du lac Supérieur, le mica des Alléghanies, les coquilles marines du golfe du Mexique et l'obsidienne des massifs ignés des régions montagneuses de ce dernier pays. Il n'y aurait point eu alors, comme quelques auteurs l'ont supposé, de migrations de ces peuples soit au N., soit au S. (1).

§ 6. Réflexions générales sur l'ancienneté de l'homme.

Les détails que nous avons rapportés relativement aux restes des premières populations de l'ancien et du nouveau monde avaient pour but de nous faire remonter aussi loin que possible dans la période actuelle, afin de nous rapprocher de celle qui l'a immédiatement précédée; mais nous devons faire remarquer que les régions dont nous nous sommes occupé ne sont précisé-

(1) Voyez aussi : *Ab original monuments of the state of New-York*, par M. E. G. Squier (*Smithsonian contributions*, vol. II, 1851).

ment pas celles qui pouvaient être regardées, avec le plus de probabilité, comme ayant été le berceau de l'humanité. Pour nous éclairer à cet égard, il faudrait posséder, sur les diverses parties de l'Asie qui ont été le théâtre des plus anciennes civilisations, des documents analogues à ceux dont nous venons de parler, car ces civilisations pourraient fort bien être contemporaines de l'âge de pierre du nord et du centre de l'Europe, comme les populations sauvages de l'Amérique centrale, de la Polynésie et de l'Australie le sont de notre civilisation moderne.

Les plus anciens monuments de l'Inde et de l'Asie orientale, dus à des nations dont les noms sont restés inconnus, sont les preuves d'un art déjà très-avancé et témoignent d'une longue application de l'intelligence, aussi bien que les caractères gravés sur la pierre, destinés à reproduire et à transmettre la pensée. Or c'est dans ces pays surtout qu'il serait curieux de retrouver des traces de l'existence de l'homme, antérieures à tous ces produits de la civilisation, qui sont pour nous la limite extrême de l'histoire, des traces d'un âge de pierre qui pourrait avoir précédé de beaucoup l'âge de pierre des nations primitives de l'Europe et du nord de l'Amérique, enfin, de constater leurs relations avec les dépôts quaternaires de ces mêmes pays supposés avoir vu naître l'homme ; là peut-être trouverait-on la solution du problème que nous cherchons?

Ainsi les grottes grossièrement creusées sur les flancs des collines de la vallée de Cachemire, les temples souterrains d'Ellore, de Salsette et d'Elephanta (1), avec leurs myriades de figures et de statues sculptées dans la roche, l'antique cité de Mavalipouram, en face de Ceylan, les bas-reliefs taillés sur les parois des montagnes de la Perse et couverts d'inscriptions cunéiformes, les splendides et bizarres constructions de Khorsabad, de Persépolis, de Pasargade et de Babylone, les temples excavés dans le grès d'Ipsamboul, en Nubie (2), ces innombrables et prodigieux monuments de l'Égypte,

(1) *Hist. des progrès de la géologie*, vol. III, p. 509.
(2) *Ib.* vol. V, p. 427.

qui nous paraissent si anciens, étaient probablement aussi éloignés eux-mêmes des premiers établissements de l'homme en Asie et en Afrique, d'un âge de pierre réellement primitif dans ces régions, que le Parthénon, Saint-Pierre de Rome et le Louvre sont éloignés des Kjökkenmöddings du Danemark, des habitations lacustres de la Suisse, etc.

L'étude de l'Asie sous ce point de vue doit donc être le grand *desideratum* de la géologie et de l'archéologie. Déjà les recherches récentes de M. de Filippi (1), qui était attaché en qualité de savant à l'ambassade envoyée en Perse par le gouvernement italien, ont fait connaître dans la vallée de l'Abhar des dépôts fort anciens renfermant, à divers niveaux, des restes de charbon végétal, des os et des fragments de poteries en pâte noire très-grossière. Les *Tepés*, ou monticules coniques, isolés, composés de matériaux incohérents, renferment les mêmes traces d'industrie primitive, de beaucoup antérieures sans doute à la fondation de Ninive et de Babylone. D'un autre côté, l'interprétation des caractères cunéiformes, déjà si avancée, ne peut manquer, si l'on parvient à recueillir tout ce que le temps a épargné, d'apporter aussi quelques éclaircissements sur les commencements de ces nations, dont nous ne connaissons encore que très-imparfaitement les temps de prospérité et d'éclat.

La simultanéité des civilisations n'existant pas, nous pouvons seulement penser qu'il y a toute probabilité pour que l'établissement des premiers hommes ait commencé en Asie, où se montrent aussi les restes des civilisations les plus anciennes; mais une remarque qui s'applique à tous ces premiers établissements connus, c'est la rareté des débris humains comparés à l'abondance de ceux des animaux qui ont servi de nourriture à ces peuplades. Ces ossements, pour la conservation desquels les habitants ne prenaient certainement aucun soin, se trouvent par milliers, et ceux de l'homme lui-même, lorsqu'on fouille la terre, ne présentent que quelques spécimens incomplets.

(1) *Acad. r. des sciences de Turin*, 14 déc. 1862. — De Mortillet, *Revue scientifique italienne*, 1re année, p. 178; 1863.

Un autre résultat de ces recherches sera de faire disparaître du langage ordinaire ces dénominations de *celtiques*, *druidiques*, etc., appliquées longtemps, dans l'ouest de l'Europe, à des ouvrages et à des objets d'industrie, dont les noms des constructeurs ou des fabricants nous sont complétement inconnus, puisqu'ils remontent à des temps antérieurs à toute tradition historique sur ces pays. Les peuples dont nous savons quelque chose ne sont déjà plus de l'âge de pierre, et beaucoup peut-être sont plus récents que l'âge de bronze, car nous ne possédons encore aucune notion ni sur le moment où ces diverses populations ont commencé à fixer leur pensée par des caractères ou signes représentatifs, ni sur ces caractères eux-mêmes ; on ne connaît que des systèmes paléographiques complets, et l'on ne sait ni quand ni comment chacun d'eux s'est formé dans l'origine, pas plus que les langues qu'ils traduisent.

Nous pouvons donc, comme résultat de ce coup d'œil rapide sur ses premiers établissements dans quelques parties de la terre, entrevoir combien a été longue l'enfance de l'humanité, enfance que tant de peuples n'ont pas encore dépassée et ne dépasseront sans doute jamais, puisqu'un si grand nombre d'autres ont déjà disparu de la terre sans avoir atteint l'âge adulte. Combien de siècles ont dû s'écouler avant que les races prédestinées à y arriver soient parvenues à ce qui nous semble aujourd'hui si simple, à transmettre leurs idées par des signes?

Les traces matérielles de l'industrie naissante de l'homme, la marche si lente et presque incommensurable de ses progrès à travers tant de générations qui se sont d'abord succédé, le développement à peine sensible de son intelligence appliquée aux choses les plus usuelles de la vie, et qui ne dépassait pas de beaucoup l'instinct de certains animaux, tandis que toute idée élevée sommeillait profondément, que toute application de cette idée à un but immatériel semblait être inconnue, sont sans doute, dans l'ordre intellectuel, un phénomène bien curieux. Que pouvaient faire présager ces premières manifestations de la présence de l'homme, alors que les produits de ces facultés, qui plus tard devaient tenir du merveilleux, étaient loin d'atteindre

l'alvéole d'une abeille, l'élégant tissu d'un arachnide et l'habitation d'un castor. Comment la *perfectibilité*, cet apanage exclusif de certaines races, et dont tant d'autres devaient être à jamais déshéritées, pouvait-elle être soupçonnée?

Aussi, comme nous l'avons dit en commençant, dans l'ordre physique de la nature, l'apparition de l'homme ne fut marquée par aucune circonstance particulière. Ses premières générations durent vivre entourées des animaux que nous voyons encore aujourd'hui, et sans apporter parmi eux d'autres changements que ceux qu'exigeait la nécessité de vivre, de se nourrir, de se vêtir et de s'abriter. Rien ne dénotait encore chez lui cette suprématie qu'il a successivement acquise par un phénomène psychologique tout particulier, et dont les diverses phases ne semblent pas avoir beaucoup fixé l'attention des philosophes qui ont toujours considéré l'homme comme s'il avait été créé contemporain de Périclès ou d'Auguste.

Combien de milliers d'années ont dû se passer avant l'invention de l'écriture, et si l'on songe que ses signes diffèrent, presque comme les langues, chez les diverses nations, il a fallu que ce moyen de transmettre et de perpétuer la pensée se produisît indépendamment chez un certain nombre d'entre elles, et par conséquent sans que les progrès de l'une pussent toujours servir à d'autres! Que de siècles n'a-t-il pas fallu ensuite pour qu'à l'idée de succession du temps on ait joint le moyen de le mesurer, d'en exprimer la durée, de l'appliquer aux choses de la vie et de la transmettre d'une manière intelligible et durable aux générations futures! Les premiers éléments de la mesure du temps, déduits de l'observation du cours des astres, supposent déjà des études suivies, multipliées, un esprit d'observation et de combinaison dont nous n'apercevons aucune trace dans les monuments de l'âge de pierre et de bronze.

Toute l'antiquité, telle que nous la connaissons, avec ce qu'elle nous a transmis de science, d'art, de littérature, de philosophie, de politique et de dogmes religieux, est donc relativement très-moderne et c'est ce dont il faut bien que se persuadent les philologues les plus érudits et les archéologues les

plus versés dans la connaissance des monuments de ses diverses civilisations.

Les dernières découvertes prouveraient seulement que la représentation, surtout des animaux, par le dessin est antérieure à celle de la parole par des caractères d'écriture et que l'homme a reproduit et transmis les objets qu'il voyait avant ses propres idées.

Mais peut-être, demandera-t-on, la création est-elle finie parce que l'homme est arrivé? Les lois qui ont régi sur la terre l'apparition et la succession des corps organisés depuis la première flore et la première faune ne sont-elles plus aujourd'hui que des *lois de conservation?* La nature, si féconde jusqu'ici, a-t-elle épuisé toutes ses combinaisons de formes, d'organes et de fonctions? Le Chêne de nos forêts, le Cèdre du Liban, le Baobab du Sénégal, le Dragonnier des Canaries, le Séquaïa de la Californie, les Cyprès d'Oaxaca et les *Eucalyptus* de l'Australie seraient-ils le dernier terme de sa puissance créatrice pour le règne végétal, et l'homme aurait-il été destiné à marquer la limite extrême de son pouvoir dans l'autre règne, de manière à ne plus laisser d'intervalle à remplir entre lui et le Créateur?

L'observation directe ne peut encore répondre à aucune de ces questions. Mais l'induction d'une part, comme nous l'avons déjà dit, et de l'autre un regard jeté sur le passé de la terre pourrait nous faire entrevoir que la création n'est pas finie. Le tableau de l'état actuel de notre planète n'est probablement pas le dernier qu'éclairera notre soleil, tant que son action d'où dépendent aujourd'hui tous les phénomènes biologiques conservera les propriétés qui les produisent.

Mais si, comme tout semble le prouver, la terre a été successivement à l'état gazeux, de fluidité ignée et enfin solide par suite de son refroidissement graduel, le soleil, s'il a la même origine et la même composition que les planètes qui se meuvent autour de lui, subira nécessairement aussi les mêmes phases de refroidissement. C'est donc une simple question de masse et de temps ; et lorsque, à son tour, il sera devenu un *soleil encroûté*, tout notre système n'en continuera pas moins de

se mouvoir suivant les lois de la mécanique céleste, dans un milieu qui ne sera plus éclairé et échauffé que par le rayonnement stellaire. La vie alors sera depuis longtemps éteinte à la surface de la terre, sans lumière et sans chaleur, sans phénomènes météorologiques et sans saisons, et la création, comme sur les autres corps de notre système, y aura parcouru son vaste cycle dans l'immensité des temps.

Appendice.

Nous reproduirons ici une observation omise par inadvertance (*antè*, p. 444) et qui a un véritable intérêt pour la chronologie des premiers établissements de l'homme en Suisse.

Cône de déjection de la Tinière.

Le cône de déjection torrentiel, formé par la Tinière, à son embouchure dans le lac de Genève, à Villeneuve, ayant été coupé transversalement par les travaux du chemin de fer, a montré, dit M. Morlot (1), intercalée dans les alluvions du torrent et à 1m,29 de profondeur, une couche représentant un ancien terreau de l'époque romaine. A 3m,25 une seconde couche correspondait à l'âge de bronze, et à 6m,50 une troisième, de même nature, à l'âge de pierre. En combinant les diverses circonstances qui accompagnent ces faits et en admettant une latitude très-grande soit en plus, soit en moins, on arrive à trouver une ancienneté de 29 siècles au moins et de 42 au plus pour la seconde couche, de 47 à 70 siècles pour la troisième, et un laps de 74 à 100 siècles pour l'âge total du cône depuis qu'il a commencé à se former, évaluation qui serait plutôt au-dessous qu'au-dessus de la probabilité. Chacun de ces anciens sols ne représente pas d'ailleurs la durée totale de chacun des âges correspondants, mais seulement une portion quelconque de chacun d'eux. Ainsi la couche de 3m,25, d'après les objets d'industrie humaine qu'elle a fournis, appartiendrait plutôt à la fin qu'au commencement de l'âge de bronze.

Les données historiques les plus anciennes, en Europe, ne remontent guère au delà de l'âge de fer.

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e série, vol. XVIII, p. 829; 1860.

CHAPITRE IX

DE LA FOSSILISATION

Introduction.

Définitions. Nous désignerons sous le nom de *fossilisation* les diverses modifications que les restes de corps organisés ont éprouvées pendant leur séjour dans les couches de la terre. Ces modifications sont fréquentes, nombreuses, et de nature très-variée, quelquefois même si profondes que les caractères des corps, complétement oblitérés, ont donné lieu aux plus singulières méprises de la part de zoologistes éminents. L'examen de ces changements est d'autant plus nécessaire ici qu'ils n'ont été l'objet d'aucune étude suivie de notre temps, et qu'il faut remonter jusqu'au grand ouvrage de Walch, publié il y a 88 ans, pour trouver un ensemble de recherches réellement important sur ces innombrables transformations. Mais nos connaissances chimiques, beaucoup plus avancées aujourd'hui qu'elles ne l'étaient alors, nous permettront de nous rendre compte de bon nombre de faits inexplicables pour le savant et consciencieux continuateur de Knorr (1).

Le mot *fossile*, dérivé de *fossilis*, masc. fém., et de *fossile*, n., désignait, suivant Pline, les corps que l'on tire de la terre en fouillant; les mots *fossilia*, *fossilium*, désignaient aussi, chez les Latins, les sels ou substances minérales qui se trouvent dans la terre.

(1) Voy. *antè*, Ire partie, p. 112.

Les anciens oryctognostes, et même encore des minéralogistes jusqu'au commencement de ce siècle, donnaient indistinctement le nom de *fossile* aux substances minérales ou inorganiques désignées plus particulièrement aujourd'hui sous le nom de *minéraux*, et aux restes organiques ou représentations de formes organiques extraits aussi de l'intérieur de la terre. Cependant, dès les premières années du dix-huitième siècle, plusieurs naturalistes avaient déjà restreint aux seuls débris de corps organisés cette dénomination, qui a fini par prévaloir, et aujourd'hui le mot *fossile*, employé seul et substantivement, ou comme adjectif joint à un substantif, exprime : soit les restes organiques eux-mêmes, soit leur représentation par des moules, des empreintes et des contre-empreintes, ou enfin par la substitution plus ou moins complète d'une nouvelle substance minérale à celle qui les constituait primitivement.

Ce dernier remplacement est particulièrement désigné par le mot *pétrification*, longtemps employé aussi comme synonyme de *fossile*, mais qui n'est applicable en réalité qu'à un assez petit nombre de corps d'origine organique, tandis que le mot *fossile* l'est à tous, quels que soient leur état, leur ancienneté et les modifications qu'ils ont subies. Cette désignation générale, simple, commode et sans aucune ambiguïté, demande seulement à être précisée, lorsqu'on descend à un examen détaillé des corps, pour les bien décrire et les bien caractériser.

L'emploi de ce mot ne donne lieu qu'à une seule objection ; c'est celle-ci : Depuis combien de temps ou depuis quelle époque un corps organisé doit-il avoir été enfoui dans la terre pour qu'on puisse le désigner comme *fossile?* Ou, en d'autres termes, quelle devra être l'ancienneté d'un corps organisé pour être réputé tel ?

On comprend qu'il ne suffit pas que ce soit une espèce reconnue comme perdue ou éteinte, d'abord parce que ce serait préjuger une question qui n'a point de rapport avec le sujet, son analogue à l'état vivant pouvant être retrouvé d'un moment à l'autre, et ensuite parce que non-seulement dans l'époque quaternaire, mais encore dans les

sédiments tertiaires, on admet généralement qu'il y a des espèces qui ne peuvent être séparées spécifiquement de celles qui vivent aujourd'hui. Restreindre le mot *fossile* à tous les corps organisés ou traces reconnaissables de corps organisés antérieurs à l'époque actuelle, et ne commencer à admettre l'état fossile qu'à partir de l'époque quaternaire qui l'a précédée immédiatement, ce serait une sorte de pétition de principe, car la désignation de l'état du corps dépendrait de la détermination préalable de la couche où il aurait été trouvé, et il pourrait arriver que des restes organiques, regardés comme *fossiles* parce que les dépôts qui les renfermaient avaient été désignés comme quaternaires, cesseraient de l'être si l'on venait à constater que ceux-ci sont modernes, et *vice versâ*.

Par ces considérations, nous pensons que tout en restreignant, dans la pratique et le langage ordinaire, l'expression de *fossile* aux restes organiques antérieurs à l'époque actuelle, comme nous l'avons fait jusqu'ici et comme nous continuerons à le faire par la suite, on ne peut pas refuser d'une manière absolue d'y comprendre ceux du terrain moderne qui se trouvent actuellement dans des conditions plus ou moins comparables aux corps organisés des terrains plus anciens. Nous laissons donc la question dans cet état, nous bornant à cette explication pour préciser la manière dont nous l'envisageons.

C'est pour nous conformer à l'usage, qu'en traitant des corps organisés des dépôts modernes, nous nous sommes abstenu de leur appliquer le mot *fossile*, et que nous les avons toujours désignés comme nous l'eussions fait pour les animaux et les végétaux vivants. En effet, tous existent encore aujourd'hui, et rentrent par conséquent dans le domaine du zoologiste et du botaniste.

Enfin, c'est aussi par ce motif que nous n'avons pas encore parlé des modifications que les corps organisés ont éprouvées, par suite de leur séjour plus ou moins long dans les couches de la terre, sujet important dont il nous reste à traiter pour terminer notre *Introduction* à l'étude de la paléontologie stratigraphique.

§ 1. Notions préliminaires.

Altérations des corps organisés.

Les corps organisés, quelles que soient leur composition et leur origine, à quelque classe qu'ils appartiennent, s'altèrent plus ou moins rapidement dès que la vie les a quittés et qu'ils restent exposés à l'action des agents atmosphériques, de l'air, de la lumière, de la chaleur et de l'humidité. Leurs éléments, l'hydrogène, l'oxygène, le carbone, l'azote et les substances terreuses qu'ils contiennent se séparent pour entrer dans de nouvelles combinaisons, ou bien retournent à l'atmosphère, à l'eau et à la terre. Telle est, comme nous avons déjà eu occasion de le dire, la loi générale de la nature.

Si donc des circonstances particulières n'étaient pas venues soustraire à une destruction complète les produits ou une partie au moins des produits des divers âges, nous ne saurions rien ou du moins bien peu de chose de l'histoire de notre planète; nous ne serions probablement jamais arrivés à reconstruire, comme nous pouvons essayer de le faire aujourd'hui, le tableau des phénomènes physiques et biologiques dont sa surface a été le théâtre. Mais, par des moyens très-variés, la nature a pris soin en quelque sorte de nous conserver dans ses archives d'innombrables inscriptions qui portent leurs dates avec elles et qui parfois, comme les manuscrits palimpsestes, ont reçu l'empreinte d'une époque plus récente que celle à laquelle ils appartiennent réellement. Elles nous aident et nous guident dans la classification des faits; elles nous permettent de déterminer leur âge par les corps organisés ou par leurs traces seulement qui ont échappé à la destruction, ayant été ensevelis dans les sédiments marins ou lacustres de tous les temps. Ce sont précisément ces procédés, employés par la nature pour nous transmettre ainsi la représentation plus ou moins exacte des faunes et des flores successives, dont nous avons à nous occuper actuellement.

On vient de dire que le premier effet qui se manifeste après la cessation de la vie, c'est l'altération, la décomposition et la disparition des chairs, des organes, des téguments, et en général de toutes les parties molles des animaux, auxquelles il faut joindre, après un temps un peu plus long, les parties cornées, de sorte qu'il ne reste, dans le plus grand nombre des cas, que les parties solides, ordinairement calcaires, soumises à la *fossilisation*.

Fossilisation. Maintenant ces parties, soit les os des vertébrés, soit le test ou les enveloppes des invertébrés qui en sont pourvus, par leur séjour dans la terre, perdent encore, au bout d'un temps plus ou moins long, la matière organique altérable comprise dans les mailles de leur tissu, dont les vides sont alors remplis par des infiltrations de la roche environnante, ou apportées par des dissolutions calcaires, siliceuses, ferrugineuses, etc. De cette manière, les corps organisés, rendus d'abord plus légers et plus poreux par la disparition de la matière organique, deviennent ensuite plus pesants, au contraire, par les sucs lapidifiques ou métalliques qui l'ont remplacée. Il y a donc eu, dans ce cas, substitution d'une matière à une autre dans les mailles d'un réseau osseux ou d'un test calcaire. Tel est un des premiers résultats généraux de la fossilisation.

Moule. Lorsqu'on introduit avec soin une matière plastique ou susceptible de se mouler (argile, plâtre, cire, soufre, etc.) dans une cavité quelconque, elle en prend la forme exacte, et si l'on vient à briser ou à enlever avec précaution les parois de cette cavité, on obtient ce que l'on appelle un *moule* de cette même cavité, et qui en reproduit tous les accidents. De même, nous appellerons *moule* le résultat du remplissage du vide intérieur d'un corps organisé par une matière inorganique (argile, marne, calcaire, sable, silice, fer, etc.) qui s'y est solidifiée. Ce moule nous traduit alors non-seulement la forme ou les contours intérieurs du vide, mais souvent aussi ceux du corps de l'animal qui l'occupait et plusieurs de ses caractères essentiels. Les moules sont, on le conçoit, formés le plus ordinairement par la substance même de la roche environnante, mais ils

peuvent l'être aussi par l'infiltration de substances minérales étrangères.

Lorsqu'on appose un cachet sur de la cire fondue, on obtient une empreinte qui représente exactement en relief les linéaments du cachet, qui sont en creux ; si, au contraire, on remplaçait le cachet ordinaire par un camée en relief, on aurait une empreinte en creux de ce même camée. Nous donnerons donc le nom d'*empreinte* aux traces qu'un corps organisé solide ou quelquefois mou aura laissées par le contact de sa surface extérieure sur la matière plus ou moins plastique qui l'entourait, laquelle nous offre ainsi les caractères et les accidents de cette surface, d'autant plus exactement qu'elle était plus propre à cette opération. **Empreinte.**

Ainsi le moule, d'une part, et l'empreinte, de l'autre, nous permettent de juger de la plupart des caractères intérieurs et extérieurs d'un corps solide d'origine organique, et par conséquent peuvent suppléer à l'absence ou à la disparition complète de ce corps lui-même.

Si l'on conçoit maintenant que le test calcaire d'une coquille, par exemple, dont l'intérieur aura été rempli et moulé par la matière de la roche environnante et la surface extérieure reproduite par son empreinte sur cette même roche, vienne à être dissous par quelque acide ou tout autre agent naturel, il se trouvera entre le moule et l'empreinte extérieure un vide à la place du test. Si l'on suppose alors que ce vide soit rempli par l'infiltration d'une substance différente de la première, siliceuse, par exemple, celle-ci, lorsqu'elle sera consolidée, représentera exactement la surface intérieure et extérieure du test qu'elle remplace. C'est ce que nous appellerons alors une *contre-empreinte*. **Contre-empreinte double.**

Par cette substitution, la contre-empreinte diffère du corps dont elle occupe la place non-seulement par sa nature minéralogique, mais encore par l'absence de tout caractère organique dans sa structure intérieure. Aucune trace de tissus, de fibres, de pores, etc., n'a été reproduite. Ce résultat de fossilisation, que nous désignons plus particulièrement sous le nom de

contre-empreinte double, parce qu'elle reproduit à la fois les caractères intérieurs et extérieurs du test, est assez rare à cause de la complexité des opérations successives qu'elle exige. Le suivant, que nous désignerons par l'expression de *contre-empreinte simple*, est plus fréquent.

Contre-empreinte simple.

Si le moule intérieur de la coquille que nous avons prise pour exemple n'existait pas préalablement, que celle-ci fût restée vide, et que la roche environnante eût seulement reçu l'empreinte de sa surface extérieure, la coquille venant à être dissoute, la matière qui la remplacera occupera le vide même intérieur de celle-ci, et donnera par le moulage la représentation de la surface extérieure ou la contre-empreinte de cette surface. De cette manière, le moule intérieur et la contre-empreinte extérieure ne feront qu'un, et les caractères de l'intérieur ne sont point reproduits. Les contre-empreintes simples ou doubles, résultant de plusieurs opérations successives, on conçoit qu'elles sont moins fréquentes dans la nature que les moules et les empreintes qui n'en exigent qu'une.

L'empreinte et la contre-empreinte peuvent, dans un grand nombre de cas, servir à caractériser une espèce; mais il n'en est pas toujours de même des moules, qui ne traduisent souvent que le genre, et même d'une manière très-insuffisante, comme dans beaucoup de mollusques gastéropodes, tandis que dans les acéphales, les céphalopodes, les radiaires échinides, etc., les moules complets sont assez caractérisés.

Moules et empreintes de coquilles perforantes.

Le moulage des coquilles perforantes et de leurs cavités a lieu dans des circonstances particulières, dont les résultats méritent de nous arrêter un instant, et que nous exposerons d'après les observations que M. P. Fischer a bien voulu faire à notre intention.

Beaucoup de coquilles bivalves (Gastrochènes, Pholades, Lithodomes, etc.) creusent, dans diverses roches, dans les masses madréporiques, des trous de formes caractéristiques. Quels que soient la disposition, les accidents et l'ornementation du test des coquilles, les parois du trou ne les reproduisent pas et sont généralement lisses, de sorte que son moulage

donne un corps claviforme, dont la partie renflée correspond au côté buccal de la coquille, et la partie atténuée, souvent subbilobée, à l'espace dans lequel se trouvaient les siphons. La forme constante du moule de la cavité prouve ainsi que la coquille pouvait s'y mouvoir avec une certaine liberté.

Les moules des trous sont cependant modifiés à leur surface suivant les caractères de la roche perforée. Si, par exemple, celle-ci est un polypier, on pourra compter sur le moule ses lamelles qui se traduisent par des saillies caractéristiques. Tels sont les moules des trous de Lithodômes des calcaires blancs de la Guadeloupe, ceux du *Lithodomus amygdaloides*, d'Orb., des couches néocomiennes inférieures de la Haute-Marne, du *L. lithophagus*, Cuv., du terrain tertiaire moyen de la Cilicie, à la surface desquels on reconnaît des empreintes d'*Heliastræa*, etc.

Les moules des Lithodomes sont souvent fort allongés, et quelquefois atténués à l'extrémité antérieure. Lorsque l'animal s'est enfoncé profondément dans la roche, l'extrémité supérieure de l'excavation qui correspond aux siphons produit un moule en forme d'appendice étroit et très-prolongé. Si, après l'opération du moulage, les parois de la roche perforée viennent à disparaître, il ne reste plus que les moules des trous constituant alors des séries ou des agglomérations de corps en massue sans aucune trace extérieure d'organisation. Les calcaires néocomiens avec Lithodomes d'Amance (Aube), les calcaires avec *Pholas Cornueliana*, d'Orb., des Crouttes (Aube) en offrent des exemples.

Le plus ordinairement, lorsque l'animal a creusé son trou dans du bois, il ne reste que la partie extérieure de celui-ci, celle qui comprenait les siphons, et les moules isolés des trous apparaissent comme de petites massues. La *Pholas subcylindrica*, d'Orb., du gault de Novion (Ardennes) en offre un exemple. Le moulage du trou a produit de petites masses amygdaliformes, pressées les unes contre les autres, lisses, creuses, tapissées de fer sulfuré jaune, substance qui a aussi pénétré dans la masse du bois.

Lorsqu'on casse avec précaution le moule d'un trou de Lithodome ou de Gastrochène, on reconnaît que ce corps n'est pas simple, comme on l'aurait cru au premier abord. Il se compose, en allant du centre à la périphérie : 1° du moule proprement dit de la coquille perforante (Lithodome, Saxicave, Gastrochène, etc.) ou de sa cavité intérieure ; 2° d'un espace vide représentant le test disparu ; 3° d'une enveloppe calcaire fermée de toutes parts, dont la surface externe reproduit les aspérités de la paroi du trou exécuté par le mollusque, et l'interne, l'empreinte de la surface extérieure de la coquille elle-même. En un mot, les corps amygdaloïdes ou claviformes, que l'on rencontre souvent dans les roches, ne sont que des moules de coquilles lithophages, enveloppés d'une sorte de géode qui n'est, à son tour, que le moule de l'espace compris entre la coquille et la paroi du trou qu'elle a creusé ; aussi, lorsque le test qui a disparu était assez épais, on voit le moule flotter dans la géode.

Les mollusques tubicoles, tels que les Clavagelles, les Tarets, les Fistulanes, etc., offrent aussi le moule de l'excavation ou du tube occupé par l'animal ; mais dans sa partie renflée ce moule est terminé par le moulage de la cavité ou face interne des valves elles-mêmes.

Il arrive souvent encore que les coquilles de Taret ont disparu ou sont comme prises dans la substance du moule, et l'on n'a plus alors qu'un corps allongé, cylindrique, terminé en massue, représentant exactement le moule de la cavité faite par l'animal. Ainsi, à la surface des bois silicifiés en partie, des environs de Thouars, on remarque un grand nombre de trous peu profonds, occupés par la *Pholas thoarcensis*, d'Orb., à l'état de moules en calcédoine, tandis qu'à l'intérieur de ces mêmes bois se trouvent de longs cylindres calcédonieux, plus ou moins vidés au dedans, formés par le moulage en silice des galeries qu'ont creusées les Tarets (*Teredo antiquatus*, d'Orb.)

Les bois fossiles du gault de Machéroménil (Ardennes), pénétrés par du fer sulfuré, montrent à leur surface de petits trous, nombreux par places, ressemblant à ceux des *Vioa* et des

Cliona sur les coquilles, mais dont une coupe permet de reconnaître l'origine. Ce sont des cylindres flexueux, dus au moulage des trous de jeunes Tarets.

Maintenant, toutes les fois que, par un de ces résultats de la fossilisation, on arrive à constater dans une roche l'ancienne existence d'un corps organisé qui ne s'y trouve plus en réalité, le moule, l'empreinte ou la contre-empreinte auront, aux yeux de l'observateur, une valeur presque égale à celle du corps lui-même, et d'autant plus grande que les caractères de ce dernier seront mieux représentés. On pourra, par suite, en déduire les mêmes conclusions paléontologiques ; aussi, dans la géologie pratique, l'étude de ces traces de corps organisés a-t-elle pris une grande extension, et cela d'autant plus qu'il y a des formations entières où la plupart des fossiles ne se trouvent qu'à cet état, et d'autres où, comme le calcaire grossier du bassin de la Seine, sur certains points, tous sont conservés, tandis qu'ailleurs le test a complétement disparu, et qu'il faut pouvoir comparer ceux-ci avec ceux-là. Utilité des résultats de la fossilisation.

Pendant longtemps on a donné le nom de *pétrifications* aux corps organisés enfouis dans les couches de la terre, ainsi qu'aux résultats des diverses opérations naturelles qui les représentent et dont nous venons de parler ; aujourd'hui, cette expression est beaucoup plus restreinte et doit être exclusivement réservée aux corps, dont la substance première ayant été, par suite d'un procédé encore peu connu, remplacée molécule à molécule par une autre substance, présentent, après cette substitution, tout ou partie des caractères organiques qu'ils offraient auparavant. Ce phénomène se produit surtout dans les végétaux ligneux, les bois monocotylédones ou dicotylédones, et dans la classe des spongiaires ou amorphozoaires, comme nous le dirons plus loin. Pétrification.

On a aussi, par un autre abus de mot, donné le nom de *pétrifications* à des corps organisés ou autres encroûtés ou revêtus d'une ou plusieurs couches de dépôt calcaire, lorsque ces corps sont plongés dans des eaux qui laissent déposer du carbonate de chaux, comme celles de la fontaine de Saint-Alyre, Incrustation.

près de Clermont, de Saint-Philippe, en Toscane, de Tivoli, de Carlsbad, etc.

Les substances incrustantes sont particulièrement le carbonate de chaux et la silice; le premier, soluble dans l'eau par un excès d'acide carbonique, se dépose sur les corps environnants dès qu'en arrivant au contact de l'air l'excès peut se dégager. Cet effet est le même que celui qui produit les stalagmites et les stalactites des grottes, des cavernes et des fentes dans les roches. Les nombreuses valves d'*Unio*, qu'on retire avec les sables du lit de la Seine, sont encroûtées de carbonate de chaux impur en couches minces nombreuses et sous lesquelles disparaît quelquefois tout à fait la forme de la coquille. Des dissolutions de fer sulfuré, de fer hydraté, de cuivre ou de toute autre substance peuvent, on le conçoit, occasionner des encroûtements semblables.

Ainsi, comme nous le disions en commençant, le mot *fossile* comprendra pour nous non-seulement les corps organisés eux-mêmes, animaux et végétaux rencontrés dans les divers terrains, mais encore les *moules*, les *empreintes*, les *contre-empreintes* et les *pétrifications* proprement dites auxquels ils auront donné lieu.

§ 2. Substances minérales fossilisantes.

Substances minérales terreuses.

La conservation d'un corps organisé dépend de sa composition chimique, de son plus ou moins de solidité, de la nature du milieu qui l'entourait lors de son enfouissement et des circonstances qui ont succédé à celui-ci, c'est-à-dire de causes très-diverses, dont les unes peuvent être appréciées avec certitude, les autres seulement soupçonnées; d'où il résulte que le degré d'altération ou la quantité de matière animale disparue des parties solides qui ont persisté n'est nullement en rapport avec l'âge de la roche qui les renferme. Un os d'Éléphant quaternaire peut renfermer moins de matière animale qu'un

Paléothérium de Montmartre ou qu'un Ichthyosaure du lias. Le résultat dépend uniquement des conditions extérieures et non du temps. Les dépôts les plus récents nous offrent, comme les plus anciens, des moules, des empreintes et des contre-empreintes de corps organisés.

Lorsque le vide laissé dans un test calcaire par la destruction des parties molles de l'animal a été rempli par l'introduction d'un sédiment sableux, marneux ou argileux, renfermant lui-même une plus ou moins grande quantité de chaux carbonatée, ce test devient plus compacte et plus pesant. Si le remplissage n'a pas eu lieu, si la matière animale dissoute n'a pas été remplacée par l'infiltration d'une substance minérale, le corps est au contraire devenu plus léger, poreux, et le carbonate de chaux qui le constitue est plutôt terreux que compacte. C'est ce que l'on observe dans certains sables siliceux, tels que ceux des environs d'Étampes, où les fossiles, très-fragiles, tombent en poussière au moindre contact, ceux de la montagne de Cassel, ceux de la glauconie inférieure des environs de Beauvais, etc. Dans d'autres cas, au contraire, comme pour les sables moyens des bords de la Marne et du département de l'Oise, les fossiles, souvent roulés, ont conservé une grande solidité. Chaux carbonatée.

Outre que la chaux carbonatée peut s'infiltrer dans les pores des corps organisés solides, elle se présente dans les fossiles à à l'état de pureté et cristallisée, et nous désignerons sous le nom de *spathification* le phénomène général par suite duquel les parties calcaires qu'a secrétées un animal quelconque sont passées à l'état cristallin ou de chaux carbonatée spathique. Cette disposition dans l'arrangement des molécules peut être *naturelle* et *normale* ou bien *accidentelle* et *adventive*. Or il n'est pas indifférent, lorsqu'on trouve un fragment de carbonate de chaux provenant d'un corps organisé qui serait indéterminable à cause de son mauvais état, de pouvoir reconnaître par les caractères mêmes de sa texture à quelle classe de corps et quelquefois même à quel genre il a pu appartenir. Spathification

La spathification naturelle est celle qui résulte et qui est la conséquence de la nature et de l'organisation même de la ma- Spathification naturelle.

tière telle qu'elle a été sécrétée par l'animal, c'est-à-dire que, d'après l'arrangement de ses molécules durant la vie, elle a dû cristalliser après la mort d'une manière fixe et en quelque sorte prédéterminée, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles. Sous ce rapport, nous trouvons dans deux classes d'animaux distinctes deux modes de spathification ; l'un est commun à tous les produits calcaires de la première de ces classes, l'autre ne se présente que dans certains genres de la seconde.

Chez tous les animaux de la classe des radiaires échinides, stellérides et crinoïdes qui présentent des parties calcaires solides, celles-ci, lorsqu'elles sont fossiles, offrent constamment dans leur cassure des divisions géométriques régulières suivant les plans du rhomboèdre primitif de la chaux carbonatée ; à l'état vivant, ces mêmes corps, beaucoup plus légers, offrent au contraire une texture poreuse, excessivement fine, assez semblable à celle de la moelle de sureau très-comprimée.

Dans tous les corps qui ont été rapprochés de l'os de la Sèche et qui sans doute ont appartenu à des mollusques céphalopodes très-voisins, dans les Bélemnites du terrain secondaire, la spathification est toujours *fibreuse* et *rayonnée*. L'examen comparatif de l'os de la Sèche, et surtout de son rostre, celui des corps fossiles désignés sous les noms de *Béloptères* et de *Belosepia*, pris dans un certain état de conservation ou d'altération qui permet d'en apprécier la structure, démontrent leur analogie et fait voir que leur passage à l'état spathique ou cristallin ne pouvait pas se faire autrement ; la disposition organique des fibres conduisait nécessairement à la structure qui caractérise aujourd'hui ces corps.

On sait qu'indépendamment de la structure fibreuse rayonnée résultant de la spathification d'un test originairement celluleux et fibreux, certaines coquilles présentent ce caractère du vivant même de l'animal, et le conservent intégralement à l'état fossile. Telle est la partie externe des coquilles du genre *Pinna* connues vulgairement sous le nom de Jambonneaux, si abondantes dans la Méditerranée, et que l'on retrouve dans les dépôts tertiaires

et secondaires. Tels sont à l'état fossile les *Pinnigena* de la formation jurassique et les Inocérames crétacés.

Spathification accidentelle.

La spathification accidentelle est due à des circonstances extérieures et indépendantes de la structure originaire du corps. On peut s'en rendre compte en supposant, soit que la matière calcaire aura été favorisée dans le nouvel arrangement de ses molécules par quelque action électro-chimique, soit que, préalablement dissoute, elle aura pu cristalliser ensuite librement sur place en vertu des lois qui lui sont propres. En se moulant alors, comme le ferait une matière fondue, dans tous les vides laissés par la matière primitive, elle reproduit les caractères des surfaces intérieure et extérieure, de manière à en donner une contre-empreinte double exacte et complète; telles sont les Trigonies du *Portland-stone* de Tisbury. Dans d'autres cas, il semble qu'une partie de la matière dissoute se soit échappée et qu'il n'en soit plus resté assez pour reformer le test entier, qui n'est alors représenté, à la surface du moule intérieur, que par des cristaux de chaux carbonatée isolés plus ou moins nombreux, comme on l'observe sur certains moules de Trigonies de la craie de Rouen.

Plus un corps, d'après sa nature, manifeste de tendance à passer à l'état spathique, moins on le rencontre fréquemment à l'état de moule, d'empreinte ou de contre-empreinte, ce qui est probablement dû à ce que la spathification, soit naturelle, soit accidentelle, résultant d'une plus grande homogénéité de la substance ou d'une moindre proportion de matière animale, est rendue plus facile et la dissolution plus difficile. Les Huîtres, les Gryphées, les Peignes, les Térébratules, les Bélemnites, tous les radiaires, les polypiers, les Bélemnites, etc., sont plus rarement que les autres fossiles, privés de leur test calcaire, lorsqu'on les recueille sur les lieux ou près des lieux où ils ont vécu.

Suivant M. Dana, le carbonate de chaux des coquilles serait fréquemment, en partie du moins, à l'état d'aragonite.

Chaux sulfatée.

Le gypse ou sulfate de chaux n'a point, en général, remplacé ni moulé de corps organisés, mais il a pénétré et impré-

gné jusqu'à un certain point les ossements de vertébrés enfouis dans ses couches. Tels sont ceux de la pierre à plâtre des environs de Paris.

Chaux fluatée. La fluorite est signalée comme ayant remplacé le test des coquilles et des tiges de crinoïdes dans le calcaire carbonifère du Derbyshire. Elle est très-répandue dans les coquilles du lias des environs d'Avallon.

Chaux magnésienne. La chaux magnésifère et la dolomie, substituées au carbonate de chaux ordinaire, est probablement le résultat du métamorphisme de ce dernier, dû à quelque circonstance locale. Certains polypiers dévoniens de Gérolstein, dans l'Eifel, et des Oursins, signalés dans la craie de Tercis, près Dax, seraient dans ce cas.

Barytine. Quelquefois, le sulfate de baryte a remplacé le test calcaire des coquilles et des polypiers. Telles sont les Astrées, assez fréquentes dans un sable argilo-ferrugineux et feldspathique, sorte d'arkose reposant sur le granite, non loin d'Alençon, sur la route de Mortain. La barytine a remplacé le test des Bélemnites dans le calcaire magnésien de Nontron, suivant M. Delanoüe. Plusieurs localités d'Angleterre ont offert la même particularité. Cette substance est fréquente dans les fossiles du lias qui avoisine l'arkose et les filons de granite du Morvan.

Célestine. On cite également des fossiles changés en sulfate de strontiane, mais plus rarement qu'en sulfate de baryte.

Nacrite. On a rapporté à cette substance, voisine du talc, celle qui a remplacé les empreintes végétales du terrain houiller de la Tarentaise ; nous ne sachions pas qu'aucune analyse en ait été faite.

Silice. La silice est la substance fossilisante par excellence ; on la retrouve partout, sous une multitude de formes et dans tous les terrains. A l'état de quartz, d'agate, de cornaline, de calcédoine, de sardoine, de silex pyromaque et corné, elle a contribué à la conservation des formes des parties solides des corps organisés. Ses dissolutions ont pénétré le test poreux des coquilles, ou bien en a moulé complétement l'intérieur, parti-

culièrement les échinides de la craie. A l'état de sable, de grès, elle a pu seulement se mouler dans l'intérieur des coquilles. Précipitée de ses dissolutions, elle a donné des contre-empreintes, où les caractères extérieurs et intérieurs des surfaces des corps sont fidèlement reproduits, sans pour cela que leur structure organique ait été conservée. La plupart des fossiles du grès vert des Blackdown sont dans ce cas.

Dans la véritable *pétrification*, au contraire, la silice reproduit tous les détails d'organisation de la structure intime des corps par le remplacement, molécule à molécule, de la substance de ceux-ci, les molécules de silice se trouvant alors placées les unes par rapport aux autres comme celles du corps primitif. Ce phénomène, sur lequel nous reviendrons en parlant de la fossilisation des plantes, où il est beaucoup plus prononcé et plus fréquent, s'est produit chez les animaux les plus inférieurs, les spongiaires et les rhizopodes. Ainsi, les cailloux roulés en silex des diverses vallées de l'Apennin du Bolonais, les silex de la Majella dans les Abruzzes, beaucoup de ceux de l'Égypte, sont remplis de Nummulites et de coquilles microscopiques complétement silicifiées elles-mêmes. Ces corps ont été comme plongés dans un bain de silice gélatineuse, qui les a imprégnés et enveloppés de toutes parts, constituant ainsi des couches plus ou moins épaisses, et l'on peut, avec un fort grossissement, reconnaître les caractères les plus délicats de leur structure, comme si aucun changement ne s'était produit dans leur composition. On a vu (*antè*, p. 376) que telle était aussi l'origine de certains sables verts de diverses époques et qui se forment encore de nos jours. La silice a pu imprégner des ossements d'animaux sous forme d'agate, de sardoine ou de calcédoine. Introduite dans les cavités des coquilles, qu'elle n'a pas complétement remplies, elle s'est déposée sur les parois en cristallisant et, dans un autre moment, la même cavité a reçu de la chaux carbonatée dont les cristaux se trouvent enchevêtrés avec ceux du quartz hyalin, et le tout tapisse l'intérieur de ces corps d'élégantes géodes.

Ces remplissages et ces diverses modifications du test ou

des parties solides d'un corps organisé par suite du remplacement de la matière animale ou du carbonate de chaux lui-même par de la silice en dissolution, à l'état naissant ou gélatineux, se conçoivent encore assez bien, mais il n'en est pas de même pour la formation de ce que l'on a appelé des *orbicules siliceux*.

Orbicules siliceux.

Le premier naturaliste qui semble avoir décrit et figuré ces corps est l'abbé de Sauvages (1), qui les observa sur une Gryphée (*G. arcuata*) et une Bélemnite du lias des environs d'Alais; il attribuait les stries concentriques plus ou moins régulières à un ver conchyliophage. En 1774, Walch (2), qui disserta longuement sur ce sujet, les regardait aussi comme l'ouvrage de vers marins. Macquart (3) en signale sur des Gryphées et des Bélemnites des environs de Cracovie. D'Hombres-Firmas (4), en décrivant le gisement des Gryphées à orbicules, insiste sur la nature siliceuse de ceux-ci et sur l'abondance de la silice dans la roche qui les renferme. Pour M. Raspail (5), les orbicules des Bélemnites néocomiennes de la Provence seraient des polypiers particuliers, qu'il nomme *Spirozoites belemnitiphagus*, dont les corps sont roulés en spirale et non composés de couches concentriques, puis doués de la faculté de se changer en silice et de la communiquer aux corps qu'ils recouvraient. Suivant L. de Buch (6), ils seraient dus à une prédisposition particulière de la silice à prendre cette forme.

Alex. Brongniart (7), qui s'était une première fois occupé de ce sujet, y revint plus tard avec beaucoup plus de détails

(1) *Mém. de l'Acad. roy. des sciences*, 1743, p. 408, pl. x, fig. 1, 2, 3. — *Ibid.*, 1747, p. 699, pl. xxiv, fig. 10.

(2) *Von den concentrischen Zirkeln auf Verstein conchylen.* — Naturf. 2, Stuck; diss. iv, p. 126. Hall, 1774.

(3) *Essai sur la minéralogie des environs de Moscou*, p. 1-40, pl. i; 1789.

(4) *Journ. de phys.*, vol. LXXXIX, p. 247. — *Biblioth. univ.*, vol. XIII, p. 43.

(5) *Journ. des sc. d'observation.* Févr. 1829; janv. 1830.

(6) *Recueil de planches de pétrifications remarquables.* In-f°; Berlin, 1831.

(7) *Dictionn. des sciences naturelles*, vol. XLIX; article *Silex;* 1827.

dans un travail spécial (1), que nous examinerons avant de passer à nos propres observations.

L'auteur, étudiant les faits surtout en minéralogiste, reconnaît d'abord dans la silice une propriété *sui generis* de former des couches concentriques ; c'est un côté de la question que nous n'avons pas à considérer, et dont plusieurs des exemples cités pourraient être contestés. Quant aux orbicules siliceux, il les décrit dans son texte et les représente sur les planches avec la fidélité la plus scrupuleuse ; mais en ne recherchant pas la marche suivie par le phénomène, il en a nécessairement méconnu le principe et les lois. C'est ainsi qu'il croit que *l'épaisseur des orbicules est en rapport avec celle du test des coquilles*, tandis qu'elle est uniquement fonction du temps et des circonstances extérieures.

Relativement aux pétrifications siliceuses sans apparence d'orbicules, dont Alex. Brongniart parle incidemment, c'est un moulage donnant une contre-empreinte en silice, et, par conséquent, un simple résultat de remplissage que produirait toute autre substance en dissolution. Le fait est d'ailleurs fréquent dans les dépôts marins comme dans ceux d'eau douce, et l'on ne peut pas admettre, avec l'auteur, qu'il se présente *rarement*, tandis que celui des orbicules siliceux se présenterait plus souvent. Vouloir ensuite comparer entre eux des faits de substitution dus à des causes dont on n'aperçoit point les rapports et que l'on doit croire complétement étrangères les unes aux autres, ce n'est pas le moyen de les éclaircir. On conçoit seulement, que les tests de coquilles qui, à cause de leur nature, sont le moins sujets à disparaître par la fossilisation, ou résiste le mieux aux agents chimiques, comme ceux dont nous venons de parler, pouvaient être ceux sur lesquels le procédé si lent du développement des orbicules devait se manifester de préférence.

(1) *Essai sur les orbicules siliceux et sur les formes à surfaces courbes qu'affectent les agates et les autres silex*. Broch. in-8, avec 5 pl. (*Ann. des sc. natur.*, t. XXIII ; 1831.)

Brongniart s'efforce encore de prouver l'identité de cause des orbicules dans les corps organisés avec la forme circulaire qu'affectent les diverses couches de silice constituant les agates, les onyx, etc.; mais nous avons déjà dit que la ressemblance des résultats est plus apparente que réelle, et c'est ce que l'on comprendra mieux lorsque nous aurons suivi le développement de ces orbicules dans le test d'un mollusque ou d'un radiaire.

L'état particulier qui prédispose la substance à prendre le caractère d'orbicule, c'est l'état gélatineux, auquel seraient aussi dus les agates et les silex, et il est probable, ajoute le savant minéralogiste, que la nature et la structure des corps où la silice s'est introduite influent d'abord sur cette introduction et ensuite sur la forme qu'elle prend. Il croit en outre trouver de l'analogie entre l'opération qui produit les moules siliceux, celle qui occasionne les orbicules et celle qui donne lieu aux véritables pétrifications. Mais, dans ces trois opérations, il n'y a réellement de commun que la substance employée, car dans les pétrifications proprement dites, la plus grande partie des caractères organiques persiste; dans les orbicules siliceux ceux-ci sont détruits au fur et à mesure que le phénomène se produit ; dans les moulages et les contre-empreintes, les caractères des surfaces du corps sont exactement traduits, mais ses caractères intérieurs ont complétement disparu comme sa substance primitive. La supposition de l'influence de la quantité de matière organique sur la formation des orbicules n'est point justifiée davantage par l'analyse chimique des corps non plus que celle de la structure de ceux-ci, comme on le verra par les exemples ci-après.

Ainsi, les explications d'Alex. Brongniart et de L. de Buch nous paraissent insuffisantes pour rendre compte du phénomène des orbicules siliceux, et, de plus, les rapprochements indiqués par le premier de ces savants, entre ces mêmes orbicules et la silice amorphe moulant ou pétrifiant les corps organisés, ne sont aucunement fondés.

Depuis trente ans, nous ne sachions pas que ce sujet ait été traité avec quelques détails, et il a même été complétement

omis dans la plupart des ouvrages de géologie et de paléontologie, ce qui nous a engagé à y revenir encore ici (1).

Cette singulière modification du test calcaire s'observe particulièrement dans les ostracées, les Peignes, les Spondyles, les Caprines et autres rudistes de la craie du sud-ouest de la France, dans les radiaires de cette même craie, dans les Térébratules et les polypiers du groupe jurassique moyen de l'Est, etc. Le test, plus ou moins complétement transformé dans sa nature, se compose alors d'une multitude de petits tubercules de silex calcédoine, entourés de stries déprimées, concentriques, irrégulières, ondulées et plus ou moins espacées, formant des bourrelets. Le sommet ou le centre de ces tubercules offre souvent un point clair opalin.

Lorsqu'on cherche à suivre la marche du procédé que la nature a employé pour l'envahissement et la substitution de la silice au carbonate de chaux, on remarque qu'il commence à se manifester, à l'intérieur même du test, par la présence d'un tout petit point blanc, visible au travers des couches supérieures et dans la cassure transverse. Souvent on voit un certain nombre de points agglomérés dans un petit espace ; d'autres fois on distingue fort bien le commencement d'une hélice. La cassure montre que ces points blancs qui interrompent les lames du test calcaire sont de la silice pulvérulente. Dans le test compliqué des rudistes, le réseau naturel qui le constitue est complétement altéré et a disparu en cet endroit.

Le point siliceux s'agrandit successivement, et les zones de son accroissement sont marquées par les stries dont nous avons

(1) Notre savant collègue au Muséum, M. Fremy, qui s'occupe de recherches sur la silicatisation au point de vue chimique, s'est vivement intéressé à cette formation des orbicules siliceux, qui restera fort obscure, dit-il, tant qu'on n'aura pas trouvé le moyen de transformer, à la température ordinaire, la silice gélatineuse ou chimique, telle qu'elle sort de ses combinaisons, en silice cristalline ou en quartz insoluble dans les acides et les alcalis étendus. C'est une transformation que la nature opère tous les jours sans qu'on y soit parvenu dans les laboratoires. On ne peut donc pas dire encore si l'hypothèse de Brongniart est fondée, mais le développement graduel si particulier des orbicules ne lui serait peut-être pas très-favorable.

parlé. En même temps, le tubercule, qui s'est ainsi constitué, s'épaissit, s'élève et finit par traverser toute l'épaisseur du test et à rejeter complétement les particules calcaires. Arrivé à ce premier degré de développement, le phénomène n'a point encore déformé sensiblement la surface de la coquille ou du corps organisé, quel qu'il soit, qu'il a envahi; on y reconnaît les principaux caractères du test primitif. Mais l'accroissement de l'orbicule ne cessant pas, et des couches inférieures nouvelles paraissant continuer à se former, semblent pousser au dehors les supérieures ou les plus anciennes, de manière à oblitérer de plus en plus les caractères de la surface, qui finissent par disparaître tout à fait. Le tubercule central de l'orbicule grossit à son tour, circonscrit par des bourrelets irréguliers plus ou moins saillants; les surfaces intérieures et extérieures des corps deviennent alors rugueuses, toutes bosselées et méconnaissables. Lorsque le test est feuilleté comme dans les ostracées, l'action de la silice s'exerce séparément sur chaque feuillet superposé.

Dans certains cas, les points de développement de la silice étant peu nombreux, et par conséquent fort espacés, les orbicules, en s'accroissant et augmentant de diamètre, ne parviennent pas à se rejoindre avant d'avoir traversé toute l'épaisseur du test calcaire, qui n'est pas alors complétement détruit, et le test de la coquille ou de l'oursin se compose à la fois d'éléments siliceux et de carbonate de chaux, comme nous le dirons en traitant particulièrement des échinides.

Le développement des orbicules siliceux ressemble d'abord à une éruption de boutons qui a son siége au-dessous de la peau ; mais ensuite, comme dans les tubercules des affections des poumons, il attaque les tissus, les altère, les désorganise complétement. On pourrait aussi comparer cette action de la silice à une sorte de végétation cryptogamique, à ces champignons, mystérieux parasites, qui attaquent les tissus des plantes, des fruits, des tubercules, et même des insectes, comme la muscardine des vers à soie, et qui finissent par amener la destruction des corps qu'ils ont envahis.

Ce phénomène n'est point particulier à certains tests, puisque nous voyons des corps de structure fort différente y être soumis : feuilletée (ostracées), fibreuse (Bélemnites), spathique (radiaires), celluleuse (rudistés) ; mais nous ne l'avons point encore observé dans les coquilles à test nacré, quoique Alex. Brongniart cite une Ammonite des environs de Mézières. Nous ne l'avons encore reconnu dans aucun test de mollusques gastéropodes, de crustacés, ni dans aucun os de vertébrés. Il paraît être local et dû à des circonstances encore inconnues. Dans les couches crétacées du sud-ouest, où il est le plus développé, la silice ne se présente pas visiblement à un autre état, mais elle y est sans doute disséminée. Dans certaines roches peut-être manque-t-elle presque tout à fait, ou ne se trouve-t-elle qu'à l'état de sable comme produit sédimentaire. Dans les argiles à chailles de l'Oxford-clay, des départements du Doubs et de la Haute-Marne, la silice ne s'y présente pas non plus sous une autre forme, au moins d'une manière apparente, mais il est très-probable qu'elle y existe disséminée.

Substances métalloïdes. — Soufre.

Dans certaines circonstances, assez rares d'ailleurs, le soufre paraît s'être trouvé dans un état tel qu'il a pu mouler des coquilles dans le dépôt où elles étaient renfermées. C'est ce qu'on observe dans les marnes lacustres alternant avec du gypse sur le territoire des communes de Villel, de Libros et de Ridova, près de Terruel, en Aragon (1). Les Planorbes, les Limnées et les Cyclades, en prodigieuse quantité, ont été moulés par du soufre pur, et leur test même est souvent conservé. La présence du soufre liquide ou en vapeur, loin de toute trace de phénomène volcanique, de toute action ignée apparente, est encore une circonstance dont l'explication chimique reste à donner, même en supposant que cette substance tire son origine de l'hydrogène sulfuré résultant de la décomposition des matières animales abondamment répandues dans le dépôt.

Substances métalliques. — Fer oxydé hydraté, fer oligiste.

Le fer est de tous les métaux celui dont les diverses combi-

(1) Braun, *Note sur le gisement du soufre*, etc. (*Bull. Soc. géol. de France*, 1re série, vol. XII, p. 166; 1841.)

naisons jouent le rôle le plus important dans les phénomènes de la fossilisation. A l'état d'oxyde hydraté ou d'hématite brune, il a fréquemment imprégné, moulé ou remplacé des corps organisés. Telles sont les Paludines et les *Unio* moulés par du fer hydraté oolithique des couches tertiaires de Cuisery, près de Tournus (Saône-et-Loire). A l'état d'hématite rouge sont les moules d'Ammonites de l'Oxford-clay de la Voulte (Ardèche), de l'oolithe inférieure de Calmoutiers (Haute-Saône), du lias supérieur de la Verpillière (Ain), du mont d'Or Lyonnais, de Sainte-Foix, etc. (Rhône). A l'état de fer oligiste, il a remplacé le test des *Cardinia* et autres coquilles de la lumachelle inférieure du lias de la Bourgogne (Beauregard). Le métal y est cristallisé, terreux ou compacte, mais ne s'observe pas à l'intérieur des valves ainsi transformées dans leur substance constituante.

Fer sulfuré. La fréquence du fer sulfuré dans la nature explique sa présence dans beaucoup de fossiles. Dans les couches argileuses de la formation crétacée, telles que le gault et les argiles à Plicatules d'Apt, de la formation jurassique, telles que celles de Kimmeridge, d'Oxford et du lias, certains genres semblent avoir eu la propriété d'attirer particulièrement ou de faire précipiter les dissolutions de sulfure de fer qui a recouvert les coquilles et les crinoïdes ou leurs moules d'une couche plus ou moins mince de pyrite jaune, et cela avec une délicatesse et une perfection de détails qui laissent bien loin derrière elles les résultats les mieux réussis de la galvanoplastie industrielle.

Le fer sulfuré a aussi remplacé le test lui-même; mais dans les Ammonites qui ont éprouvé surtout ces épigénies, on remarque que la substitution de la matière métallique au test ne permet pas de distinguer, à la surface des tours, les ramifications persillées des sutures des cloisons, car le test de la coquille, quoique très-mince, étant composé de plusieurs couches successives, ce n'est que lorsque la plus interne a disparu ou a été enlevée que les sutures s'aperçoivent; d'où il résulte que lorsque celles-ci se laissent distinguer, on peut être sûr de n'avoir sous les yeux qu'un moule soit simple, soit revêtu

d'une pellicule de fer sulfuré, mais on n'a ni le test lui-même ni la substance qui l'a remplacé.

Dans des coquilles aussi minces que le sont celles des céphalopodes, il y a très-peu de différence entre le moule et la contre-empreinte, parce qu'il y en avait aussi très-peu entre les caractères des parois internes et externes ; mais les contre-empreintes ne présentent point les sutures des cloisons qui n'apparaissaient pas à la surface extérieure du test. En résumé, les empreintes et les contre-empreintes ne montrent pas les cloisons ; les moules, au contraire, les montrent toujours.

L'opération du moulage de cavités cloisonnées aussi compliquées que celles d'une Ammonite a dû être très-longue, comme nous le dirons plus loin, tandis que le revêtement du moule par une pellicule de fer sulfuré a pu se faire dans un temps très-court. Souvent la substance minérale ne s'observe nulle part ailleurs dans la roche, du moins en quantité notable, ni dans les fissures accidentelles des moules pierreux ; l'opération ressemble alors à celle d'un ouvrier en plaqué très-habile qui ne mettrait la couverte métallique que là précisément où elle doit être suivant son modèle, sans aucune bavure et sans la plus petite irrégularité dans le travail.

On conçoit que dans les couches qui renferment beaucoup de sulfure de fer les fossiles ont servi de centre d'attraction, et qu'il a cristallisé tout autour en plus ou moins grande abondance, en a rempli en tout ou en partie les cavités, ou bien s'est déposé à leur surface, comme dans les couches dont nous avons parlé et dans les argiles tertiaires de Boom, près d'Anvers.

Fer phosphaté

Le fer phosphaté bleu ou vivianite remplit ou tapisse les cavités et les parois des corps d'origine organique ; dans ce cas, le minéral est cristallisé. Quand il y a eu une épigénie du corps lui-même, on peut supposer que le phosphate de chaux se sera décomposé, au moins en partie, et qu'une portion de l'acide phosphorique se sera uni à l'oxyde de fer apporté sur ce point. Alors la structure du corps organisé a disparu et l'on a un phosphate pulvérulent. On l'observe particulièrement dans des coquilles tertiaires de Crimée dont le test est con-

servé et dont l'intérieur est rempli de cristaux de vivianite entrecroisés.

Des ossements de vertébrés renferment souvent aussi du fer phosphaté qui les colore en bleu, ainsi que les dents et d'autres parties solides, ce qui les a fait comparer aux turquoises orientales dites de *vieille roche*. Ces fausses turquoises, désignées aussi sous le nom d'*odontolithes*, montrent encore une partie de leur structure organique et ont également conservé une portion considérable de leur carbonate de chaux ; ce sont les *turquoises occidentales*, dites de *nouvelle roche*. On a utilisé pour la bijouterie commune des dents de mammifères fossiles provenant de Simorre (Gers) et d'autres localités (Bohême, Suisse, Russie, Sibérie, Cornouailles). Leur dureté est moindre que celle des véritables turquoises d'Orient, composées d'acide phosphorique, d'alumine, de chaux et colorées par un oxyde de cuivre. Les fausses turquoises sont attaquables par les acides et donnent en brûlant une odeur animale, ce qui n'a pas lieu pour les vraies, et elles s'électrisent par le frottement. Ces phosphates organiques ont présenté la composition suivante (Bouillon-Lagrange) :

Phosphate de chaux	80,00
— de fer	2,00
— de magnésie	2,00
Carbonate de chaux	8,00
Alumine	0,50
Eau	6,00
	98,50

Ce fut en étudiant ces fausses turquoises sous le rapport minéralogique que Réaumur reconnut, en 1715, qu'elles étaient d'origine animale. Elles provenaient de Simorre (Gers) et étaient fournies par les dents d'un très-grand mammifère fossile qui fut appelé *animal de Simorre*, jusqu'à ce que Cuvier eût créé le genre Mastodonte, auquel ces dents appartiennent.

Fer carbonaté.

Le fer carbonaté compacte constitue, dans les dépôts houillers de divers pays, des masses ou rognons déprimés, irréguliers, enveloppant souvent dans leur intérieur des restes orga-

niques (plantes, poissons, etc.) qui semblent avoir servi de centres d'attraction à la substance minérale, et autour desquels celle-ci s'est déposée. Il en existe de semblables dans certaines argiles du lias qui renferment des Ammonites, etc. (environs de Nancy).

Cuivre. — Cuivre sulfuré.

Le cuivre sulfuré, ou chalkopyrite (sulfure double de fer et de cuivre) a minéralisé les poissons des schistes cuivreux du zechstein de la Thuringe et du Mansfeld, dont nous avons si souvent parlé dans l'histoire de la paléontologie, parce qu'ils avaient attiré l'attention des naturalistes depuis le temps d'Agricola. Les écailles de ces poissons (*Palæoniscus*) sont en métal.

Cuivre carbonaté.

Le cuivre carbonaté vert (malachite) paraît avoir minéralisé des végétaux en Sibérie, et il en serait de même du cuivre carbonaté bleu (azurite). Nous verrons, en traitant du système permien de la Russie, où les sels de cuivre sont si répandus, quelles sont leurs relations avec les débris de végétaux trouvés dans les mêmes dépôts, et comment on peut attribuer leur précipitation à l'action de ceux-ci sur les dissolutions apportées par les sources. Dans les végétaux permiens de ce pays, les infiltrations cuivreuses et siliceuses paraissent avoir eu lieu simultanément. De même aussi que l'on connaît des pétrifications ou silicifications qui se sont produites de mémoire d'homme, telles que les piliers du pont de Trajan, sur le Danube, de même on a observé, dans les tourbières du pays de Galles, de véritables minéralisations cuivreuses contemporaines.

Plomb sulfuré.

La galène ou plomb sulfuré s'observe fréquemment à l'intérieur des fossiles du lias des environs d'Avallon et de Semur avec la barytine et la fluorite. On cite des Huîtres dont le test aurait été complétement remplacé par du plomb sulfuré. On signale aussi des cristaux de cette substance disséminés dans des végétaux fossiles. La galène se présente encore cristallisée dans les fossiles des calcaires de transition de la partie supérieure du bassin du Mississipi, où ce minéral est très-répandu.

Zinc sulfuré, carbonaté.

La blende noire a minéralisé quelques polypiers du terrain de transition de Diepetringen, près de Griesenwich, de même

que la calamine brune bitumineuse de Nirm, près Stolberg.

Mercure sulfuré.

Le cinabre ou mercure sulfuré, plus ou moins mélangé de matières étrangères, se trouve quelquefois dans les cavités des coquilles, mais on ne le voit guère remplacer leur test. Ce sont des raretés qui ne se rencontrent d'ailleurs que dans certains gisements dont nous parlerons en traitant du terrain de transition et en particulier du système carbonifère de la Carinthie (Idria) et de Deux-Ponts, où des empreintes de poissons ont été recouvertes par cette substance (*antè*, première partie, p. 367).

Argent.

Dans les mines argentifères et cuprifères de Mina-Grande, près d'Huantaja, au Pérou, on a trouvé l'argent natif cristallisé à l'intérieur de coquilles fossiles dans des schistes argileux que traversent les filons métallifères.

Causes générales.

Quant aux causes de plusieurs de ces substitutions et à la présence des substances minérales cristallisées dans les corps organisés fossiles, les unes peuvent être dues à de simples précipités chimiques, d'autres à des dissolutions et à des combinaisons nouvelles qui se seront effectuées ensuite; certains résultats peuvent être attribués à des actions électro-chimiques très-lentes, comparables à ceux qui ont été obtenus artificiellement par l'emploi des courants voltaïques; enfin, il a pu y avoir, dans le voisinage des filons des roches cristallines et ignées, des émanations et des sublimations de vapeurs métalliques provenant de l'intérieur de la terre.

Substances d'origine organique. Bitumes, résines.

Des substances d'origine organique peuvent aussi remplacer des corps organisés ou contribuer à leur conservation. Ainsi des matières bitumineuses ont remplacé et moulé des fossiles qui quelquefois leur avaient donné naissance par suite de leur décomposition (poissons, moules de coquilles tertiaires de Bastènes (Landes), de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme, etc.).

Mais une cause dont les résultats ont été plus précieux pour la paléontologie est la propriété conservatrice des résines et des gommes qui découlent de certains arbres, et particulièrement des conifères. Chacun a pu remarquer la prodigieuse quantité d'insectes qui se trouvent pris et enveloppés dans la résine qui découle des Pins dans les pays où des incisions

sont faites à ces arbres pour en extraire cette substance; les récipients placés au pied de chaque arbre sont de véritables nécropoles entomologiques. Or la nature a employé ce simple procédé pour conserver et nous transmettre dans les morceaux d'ambre recueillis particulièrement sur les bords de la Baltique, et qui proviennent des bois et des lignites lavés et rejetés par la mer, toute une faune d'insectes des plus curieuses, et dont nous n'aurions sans doute jamais eu connaissance sans cette heureuse circonstance. Les insectes ainsi embaumés et momifiés sont aujourd'hui connus au nombre de plusieurs centaines d'espèces, et leur conservation est si parfaite que tous leurs caractères, malgré leur extrême délicatesse, peuvent être étudiés comme si la main du collecteur venait de les saisir vivants (1).

La fossilisation, quelles que soient ses causes et ses résultats, est indépendante de l'ancienneté des fossiles ou du terrain qui les renferme. Les moules, les empreintes et contre-empreintes, la silicification et la minéralisation sont de toutes les époques et se produisent encore aujourd'hui quand les conditions sont favorables ; ainsi l'état d'un fossile n'est jamais une preuve absolue de son âge. Quant aux simples opérations du moulage, de l'empreinte et de la contre-empreinte, c'est, dans le plus grand nombre des cas, la matière même de la roche environnante qui en fournit les éléments; les substances minérales proprement dites dont nous venons de parler n'interviennent que dans les cas particuliers. Résumé.

§ 3. Composition chimique des fossiles. — Animaux vertébrés.

Nous nous sommes occupé jusqu'ici des résultats physiques, mécaniques et chimiques de la fossilisation, puis des sub-

(1) Voy. *antè*, Ire partie, p. 143, et *Histoire des progrès de la géologie*, vol. II, p. 852.

stances fossilisantes minérales, soit à base terreuse, soit à base métallique, et de quelques substances d'origine organique qui jouent à peu près le même rôle ; il nous reste actuellement, pour compléter ces études, à examiner la composition des parties solides des corps organisés vivants et fossiles dans chaque classe successivement afin de mieux nous rendre compte des modifications que les derniers ont éprouvées par suite de leur séjour plus ou moins long dans les couches de la terre, car la fossilisation n'est que le résultat d'actions physiques et chimiques, soit seules, soit réunies, s'exerçant du dehors, sur ces mêmes corps organisés. Nous suivrons un ordre zoologique en commençant par les animaux vertébrés ; nous renverrons souvent le lecteur à ce qui précède, mais quelquefois aussi, pour plus de clarté, nous serons obligé de répéter certains détails.

La plupart des analyses suivantes sont extraites de l'excellent *Traité de chimie générale* de MM. Pelouze et Fremy (1), qui ont donné sur ce sujet une multitude de renseignements précieux dont, jusque-là, les chimistes s'étaient fort peu préoccupés.

Mammifères vivants.

Os.

La composition des os et celle de l'émail dans l'Homme et dans le Bœuf ont donné à Berzelius (2);

	OS DE L'HOMME.	ÉMAIL DE L'HOMME.	OS DE BŒUF.	ÉMAIL DE BŒUF.
Cartilage.	32,17	»	33,30	3,56
Vaisseaux sanguins. . . .	1,13	»		
Fluorure de calcium. . . .	2,00	3,20	2,50	4,00
Phosphate de chaux. . . .	51,04	85,30	55,85	81,00
Carbonate de chaux. . . .	11,30	8,00	3,85	7,10
Phosphate de magnésie. . .	1,16	1,50	2,05	3,00
Soude, chlorure de sodium, eau, etc.	1,20	2,00	2,45	1,34
	100,00	100,00	100,00	100,00

Les os se composent essentiellement d'une partie solide

(1) Vol. VI; 1857.
(2) *Ibid.*, p. 271.

formée par des sels de chaux, d'un tissu cartilagineux et flexible (osséine) qui renferme les vaisseaux et les nerfs, du périoste, membrane mince qui les recouvre en dehors ; on peut donc considérer ces diverses parties isolément. De plus, les os longs qui sont creux contiennent une matière grasse, la moelle, composée, sur 100 parties, de 96 de graisse, de 1 de membranes et de vaisseaux et de 3 de corps semblables à ceux que l'on extrait de la chair par l'eau froide. Dans les analyses précédentes, les os étaient privés de leur périoste et de leur moelle.

Une autre analyse d'os également dépourvu du périoste, de la moelle et de la graisse, a donné à Marchand :

Cartilage insoluble dans l'acide chlorhydrique.	27,23
— soluble.	5,02
Vaisseaux.	1,01
Phosphate basique de chaux.	52,26
Fluorure de calcium.	1,00
Carbonate de chaux.	10,21
Phosphate de magnésie.	1,05
Soude	0,92
Chlorure de sodium.	0,25
Oxyde de fer, manganèse et perte.	1,05
	100,00

Des os humains extraits d'un cimetière ont donné :

Gélatine.	16,00
Phosphate de chaux.	67,00
Carbonate de chaux.	1,50
Perte et eau.	15,50
	100,00

Des os secs qui n'avaient point été enterrés ont donné :

Gélatine.	23,00
Phosphate de chaux.	63,00
Carbonate de chaux.	2,00
Perte et eau.	10,00
	98,000

D'autres os provenant de diverses époques historiques ont présenté :

	SQUELETTE CELTIQUE.	SQUELETTE ROMAIN.	VERTÈBRES GALLO-ROMAINES.
Silice	»	1,90	»
Matière organique	3,08	0,81	»
Sous-phosphate de chaux	80,00	76,38	78,29
Carbonate de chaux	13,02	10,13	10,49
Phosphate de magnésie	1,02	8,20	7,91
— de fer	1,05	2,58	»
Carbonate de cuivre	»	»	3,31
	100,00	100,00	100,00

En considérant la composition des diverses couches d'un os long, celle de ses extrémités et celle de sa partie moyenne, MM. Pelouze et Fremy font remarquer que la quantité de sels de chaux y est différente. Les parties spongieuses d'un os renferment plus de matière organique que les parties denses et compactes. L'âge ne fait pas varier sensiblement la composition des os, et le tableau que donnent ces savants (p. 267) le prouve suffisamment; avec l'âge seulement l'épaisseur de la partie dure et dense tend à diminuer et celle de la partie spongieuse à augmenter.

De 44 analyses d'os de mammifères terrestres de divers ordres, plus 2 d'os de cétacés, 14 d'oiseaux, 5 de reptiles (tortues, crocodiles, serpents) et 16 de poissons, MM. Pelouze et Fremy concluent (p. 268) que « les os qui appartiennent « aux animaux qui diffèrent le plus par leur organisation pré« sentent à peu près la même composition chimique. L'os de « l'Homme se confond presque entièrement avec les os de « Veau, de Lion, de Chevreau, de Lapin, de Rhinocéros, d'Élé« phant, de Cachalot, de Morse, d'Autruche, de Tortue, de « Morue, de Barbue, etc. Ainsi, la substance osseuse devant « présenter les mêmes propriétés physiques, la même solidité, « possède une composition chimique qui paraît presque inva« riable. »

Cependant, chez les herbivores, les os sont plus riches en sels calcaires que chez les carnivores. Les os des oiseaux, renfermant aussi plus de sels calcaires que ceux de ces derniers, se rapprochent en cela des mammifères herbivores. D'un autre côté, les os de reptiles se confondent avec ceux des mam-

mifères carnivores. Quant aux os de poissons, ils justifient par leur composition le classement zoologique de ces animaux. Dans les poissons osseux, ils présentent la composition des os de mammifères, tandis que ceux des poissons cartilagineux sont très-riches en matières organiques et ne contiennent qu'une faible quantité de sels calcaires. Un cartilage de Lamproie n'en renferme plus ; aussi n'est-ce plus un os.

Dents. La composition des dents mérite une attention particulière, parce que ce sont les parties solides des vertébrés que l'on rencontre le plus fréquemment à l'état fossile et le mieux conservées, et parce que ce sont aussi celles dont la connaissance conduit le plus facilement et le plus sûrement à la détermination zoologique des animaux dont elles proviennent. Dans l'ostéologie comparée, les dents fournissent des caractères de premier ordre.

On distingue dans les dents l'*émail*, l'*ivoire* et le *cément*.

L'émail est une matière compacte, dure, blanche, tantôt à la surface, tantôt à l'intérieur, formée de fibres prismatiques, très-nombreuses au sommet de la couronne, décroissant ensuite jusqu'à la racine où commence le cément ; la matière organique qu'il renferme diffère de l'osséine et ne se transforme pas en gélatine. L'ivoire forme l'intérieur de la couronne et de la racine ; sa structure est analogue à celle des os ; creux à l'intérieur, il est parcouru par des vaisseaux, et le résidu de son traitement par les acides peut se convertir en gélatine. Le cément recouvre la dent à partir de la couronne et sa composition est la même que celle des os.

Des analyses de dents d'Homme ont donné à Berzelius les résultats suivants :

Cartilages et vaisseaux.	»	28,0
Phosphate de chaux et fluorure de calcium.	88,5	64,4
Carbonate de chaux.	8,0	5,2
Phosphate de magnésie.	1,5	1,0
Soude, chlorure de sodium.	»	1,4
Alcali, eau, matière animale.	2,0	»
	100,0	100,0

Des dents de bœuf analysées par M. Fremy ont donné .

	CENDRES.	PHOSPHATE DE CHAUX.	PHOSPHATE DE MAGNÉSIE.	CARBONATE DE CHAUX.
Cément.	67,1	60,7	1,2	2,9
Émail.	96,9	90,3	traces	2,2
Ivoire.	74,8	70,3	4,3	2,2

De l'analyse des dents, suivant MM. Pelouze et Fremy (p. 286), on peut déduire que l'émail s'éloigne entièrement de la substance des os, ne contenant que 2 à 3 0/0 de matière organique, 3 à 4 0/0 de carbonate de chaux et une proportion de phosphate de chaux qui atteint 90 0/0 ; que l'ivoire offre à peu près la composition des os, bien que la proportion du phosphate de chaux et celle du phosphate de magnésie y soient plus forte ; enfin que le cément est identique, quant à sa composition, avec la substance osseuse.

Bois de ruminants.

Les bois de ruminants, d'après les mêmes savants (p. 287), ont la plus grande analogie de composition avec les parties spongieuses des os. Les substances organiques et inorganiques y sont les mêmes à peu près et dans les mêmes proportions. Ainsi les bois diffèrent complétement des cornes proprement dites des autres ruminants. On remarque que les substances minérales, toutes proportions gardées, sont plus abondantes dans les vieux bois que dans les jeunes. Ce sont, comme pour les os, le phosphate de chaux, le phosphate de magnésie et le carbonate de chaux. Les analyses suivantes montrent qu'ils s'y trouvent à peu près dans les mêmes proportions que dans les os :

	PHOSPHATE DE CHAUX.	PHOSPHATE DE MAGNÉSIE.	CARBONATE DE CHAUX.	CENDRES.
Bois de Cerf de France de 5 ans.	58,1	traces	38,0	61,9
— commun de 7 ans.	58,8	—	6,1	62,6

Matières cornées.

Les matières cornées, malgré leur solidité, ont une composition complétement différente de celle des parties dures des mammifères dont nous venons de nous occuper et qui explique leur absence à l'état fossile.

	CORNE DE VACHE.		ONGLES.	CORNE DE BUFFLE.	CORNE DE BŒUF.	SABOT DE CHEVAL.	SABOT DE VACHE.	SABOT DE RENNE.
Carbone. . . .	50,80	50,94	51,089	51,400	51,6	50,4	50,4	49,5
Hydrogène. .	6,77	6,65	6,824	6,779	6,8	7,0	6,8	6,2
Azote. . . .	16,30	16,30	16,901	17,284	17,1	16,7	16,8	17,4
Oxygène. . .	23,48	23,48	25,186 (oxygène et soufre)	24,397 (oxygène et soufre)	19,5	22,5	22,6	27,1 (oxygène et soufre)
Soufre. . .	2,65	2,65			5,0	3,4	3,4	
		TILANUS.	SCHEERER.	ID.		MULDER.	ID.	FREMY.

« Le tissu organique d'un os exposé à l'air disparaît peu à « peu, et il ne reste plus, au bout d'un certain temps, que la « substance calcaire. Cette décomposition s'opère encore lors- « que l'os est enfoui dans la terre, mais si lentement alors « qu'on retrouve souvent des matières organiques dans des « os depuis longtemps dans le sol » (p. 276). Les analyses suivantes sont dues à MM. Girardin et Pressier : Mammifères et reptiles fossiles. — Os.

	PLÉSIOSAURE DE L'ARGILE DE DIVES (OXFORD-CLAY).	PŒKILOPLEURON BUCKLANDI (TISSU SPONGIEUX) GRANDE OOLITHE DE CAEN.	PŒKILOPLEURON BUCKLANDI (TISSU COMPACTE)	OURS FOSSILE DE LA CAVERNE DE MIALLET.
Eau.	2,20	»	»	1,30
Matière organique . .	4,80	1,25	1,30	7,17
Phosphate de chaux. .	54,20	74,80	71,12	75,45
— de magnésie.	4,61	»	»	2,81
— de fer. . .	6,40	1,21	0,12	»
Carbonate de chaux. .	10,17	20,43	25,31	12,18
Fluorure de calcium. .	2,11	1,50	0,86	1,09
Silice.	9,21	0,81	1,29	»
Alumine.	6,30	»	»	»
	100,00	100,00	100,00	100,00

	ICHTHYOSAURE DE L'ARGILE DE DIVES.	ICHTHYOSAURE DE LA CRAIE CHLORITÉE.	ICHTHYOSAURE JURASSIQUE.	LAMANTIN TERTIAIRE DU COTENTIN.
Eau.	(inappréciable)	(inappréciable)	0,60	»
Matière organique. . .	1,34	8,19	7,07	»
Sous-phosphate de chaux.	46,00	76,00	70,11	76,40
Phosphate de magnésie.	1,00	1,08	1,45	»
Carbonate de chaux. . .	31,09	10,00	17,12	0,97
Phosphate de fer et de manganèse.	16,34	0,70	»	5,71
Fluorure de calcium. .	1,02	1,02	1,65	9,12
Silice.	3,21	3,01	2,00	7,80
	100,00	100,00	100,00	100,00

OS FOSSILE DE MAMMIFÈRE DE MONTMARTRE, ANALYSÉ PAR VAUQUELIN.

Phosphate de chaux	65
Carbonate de chaux	7
Sulfate de chaux	28
Eau et traces de matière animale	10

On voit nettement ici l'influence du gypse de la gangue qui a remplacé la matière organique presque complétement.

OS FOSSILE DE LA CAVERNE DE LUNEL-VIEIL, ANALYSÉ PAR M. DE SERRES.

Eau	8,8
Matière argileuse et fluorure de calcium	traces
Phosphate de chaux	74,0
Carbonate de chaux	10,5
Silice et oxyde de fer	4,1
Perte	2,6
	100,0

OS DE L'ÉLAN GIGANTESQUE D'IRLANDE, ANALYSÉ PAR APJOHN STOKES.

Cartilages	48,87
Phosphate de magnésie et fluorure de calcium	43,45
Carbonate de chaux	9,14
Péroxyde de fer	1,02
Silice	1,14
	103,62

Ce résultat est tout exceptionnel.

Une plaque de la carapace d'un Tatoue fossile, probablement de Glyptodon, a donné sur 80,7 de cendres : 55 de phosphate de chaux, 0,4 de phosphate de magnésie, 23,8 de carbonate de chaux, 12,4 de matière siliceuse et de fluorure de calcium. Cette composition explique bien pourquoi la carapace fossile de ces animaux est aussi parfaitement conservée que les os.

D'après les analyses qu'ils ont faites d'un grand nombre d'os fossiles de Bœuf, de Rhinocéros, d'Hyène, de Mastodonte, d'Ours, d'Anoplotherium et de Tortue, MM. Pelouze et Fremy concluent (p. 279) :

1° L'osséine des os fossiles est plus ou moins détruite et remplacée par diverses substances minérales ;

2° La proportion de matière organique qui reste varie depuis quelques traces jusqu'à 20 0/0 ; elle présente d'ailleurs tous les caractères de celle des os ordinaires et se transforme en gélatine sous l'influence de l'eau bouillante ;

3° Les substances minérales qui incrustent les os fossiles sont la silice, le sulfate de chaux, le fluorure de calcium et surtout le carbonate de chaux, dont la proportion peut s'élever à 67 0/0. La silice est à l'état de quartz, c'est-à-dire insoluble dans les acides et les alcalis étendus (1) ;

4° L'incrustation est plus complète dans les os spongieux que dans les os denses ;

5° L'analyse d'un os fossile peut indiquer la nature du terrain dans lequel il a été enfoui. Ainsi il est particulièrement incrusté de carbonate dans une couche calcaire, de silice dans une couche où cette substance domine, de gypse dans les bancs de pierre à plâtre, etc.;

6° La quantité d'osséine qui persiste n'est point en rapport avec l'ancienneté de l'os; elle dépend du degré de porosité de la substance osseuse, et l'on peut ajouter des circonstances extérieures qui ont été plus ou moins favorables avant et depuis son enfouissement. Les différentes parties d'un même os fossile ont donné des quantités différentes d'osséine, suivant qu'elles étaient plus ou moins spongieuses;

7° Dans quelques os, on retrouve à peu près la même quantité de phosphate de chaux tribasique que dans l'os ordinaire ; dans d'autres, au contraire, la proportion diminue et descend jusqu'à 25 0/0 ;

8° La proportion du phosphate de magnésie ne change pas sensiblement; elle diminue cependant lorsque le phosphate de chaux est remplacé par du carbonate de chaux ou des substances siliceuses ;

9° Les analyses précédentes d'ossements humains des époques historiques, celtique, romaine et gallo-romaine, prouvent

(1) On a vu que le fer hydraté oxydé, le fer sulfuré, le cuivre et d'autres substances encore, lorsque leurs sels sont facilement solubles, peuvent incruster les os avec lesquels ils se trouvent en contact.

qu'il ne faut pas un grand nombre de siècles pour modifier profondément la composition des os et y introduire de la silice, du fer et du cuivre, et faire disparaître la plus grande partie et même la totalité de la matière animale.

La densité des os augmente avec leur ancienneté. Celle des défenses d'Éléphants fossiles, dit M. Delesse (1), est quelquefois supérieure de moitié à celle des défenses des individus vivants. Les défenses provenant des terres glacées de la Sibérie font exception ; leur densité n'a pas sensiblement changé. Le changement est d'ailleurs plus prononcé pour les défenses que pour les os, leur densité étant originairement moindre. Celle des os fossiles n'a d'autre limite que la densité même des substances minérales dont ils s'imprègnent par leur séjour dans les roches.

Comme les coquilles renferment moins de matière organique que les os, leur densité s'accroît moins par la fossilisation, et elle se rapproche davantage de celle de la chaux carbonatée, 2,80. La densité des os augmente, on le conçoit, à mesure que l'osséine diminue ou que l'azote disparaît, de sorte que la détermination de la densité peut, comme le dosage de l'azote, dont nous parlerons ci-après, donner quelques indications sur leur âge, les quantités de substance d'origine organique suivant en général une progression inverse de celle du temps. Les substances minérales qui s'introduisent pour augmenter la densité, ou bien remplissent les cellules des tissus osseux, ou bien se combinent avec lui.

Les os de Rhinocéros provenant des faluns de la Touraine ont offert une densité de 2,747 ; ceux de Lamantins, 2,841, tandis que dans les os de Lamantins vivants elle ne s'est trouvée que de 1,998. Dans ces os, c'est le phosphate de fer qui augmente la densité ; dans ceux de l'argile des lignites, ce serait à la fois le fer carbonaté et le fer sulfuré.

Dents. Si nous reprenons nos citations d'analyses dans l'ouvrage de

(1) *Recherches de l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre* (*Ann. des mines*, 5e sér., vol. XVIII, p. 206. 1860).

MM. Pelouze et Fremy, nous trouverons que celle de dents fossiles d'Ours a présenté les résultats suivants (Lassaigne) :

Alumine	»	10,0
Oxyde de fer et de manganèse	»	3,0
Phosphate de chaux	70,0	37,0
— de magnésie et fluorure de calcium	»	15,0
Silice	»	35,0
Cartilage	14,0	»
Carbonate de chaux	16,0	»
	100,0	100,0

Ces dents ont dû se trouver dans des conditions très-différentes pour avoir présenté des résultats aussi discordants.

DÉFENSE D'ÉLÉPHANT FOSSILE (GIRARDIN ET PREISSER).

Phosphate de chaux	75,91
— de magnésie	3,05
Carbonate de chaux	18,40
Fluorure de calcium	2,64
	100,00

DENTS FOSSILES DE RHINOCÉROS (BRANDES).

Phosphate de chaux	70,0	50,0
Carbonate de chaux	6,0	19,0
Substance terreuse	20,0	»
Silice	»	5,0
Alumine	»	15,0
Matière animale.	4,0	3,0
Eau		8,0

Nous ferons ici la même remarque que ci-dessus, en regrettant qu'il n'ait pas été fait d'analyses séparées de l'émail et du cément. C'est un *desideratum* que nous signalons également pour les dents d'éléphants fossiles.

Il résulte des analyses comparées des os de mammifères vivants et fossiles que le phosphate de chaux forme à lui seul plus de la moitié de la masse, et son inaltérabilité explique parfaitement leur conservation et surtout celle de leurs parties qui en renferment le plus. Ainsi les os longs en offrent plus que ceux du tronc, et ceux des membres postérieurs plus Résumé.

que ceux des inférieurs; les extrémités destinées à fonctionner fréquemment dans les actes de la vie en renferment aussi une plus grande proportion que celles qui sont plus passibles.

Ainsi les diverses parties solides d'un squelette rangées dans l'ordre de leur plus grande résistance à l'altération, ou de leur plus facile conservation, ordre qui doit être celui de leur plus grande fréquence à l'état fossile, toutes choses égales d'ailleurs, sont les dents, les os longs, le crâne, la mâchoire, les extrémités postérieures et antérieures, le bassin, les vertèbres et les côtes. Or la proportion du phosphate de chaux dans ces diverses parties est précisément en rapport avec leur degré d'inaltérabilité, les dents étant celles qui en renferment le plus, et les côtes celles qui en présentent le moins. Les dents, indépendamment de leurs fonctions mécaniques si essentielles et d'un usage si constant, exigeant une grande résistance physique, devaient aussi pouvoir résister aux agents chimiques avec lesquels elles sont incessamment en contact; les côtes, au contraire, par leur rôle passif, et n'étant en contact avec aucun corps extérieur, n'avaient besoin que d'une faible résistance relative. Aussi les résultats que nous présentent ces parties à l'état fossile sont ce que l'on devait attendre de leur composition; les dents sont, de toutes les parties d'un squelette, celles qu'on retrouve le plus souvent et le mieux conservées, les côtes celles qui sont le plus rares et dans le plus mauvais état.

Ainsi, par une admirable prévoyance, la nature prend soin d'accumuler la substance la plus solide et la plus résistante, précisément dans les parties de l'organisme qui sont chargées de plus de travail, les moins protégées et les plus exposées aux causes de destruction extérieures.

La proportion du phosphate de chaux s'élève dans la dent de l'homme jusqu'à 88,5 0/0 (1), suivant Berzelius, et la quantité

(1) D'autres analyses ont donné, pour la composition de l'ivoire chez l'homme adulte, 60 0/0 de phosphate de chaux et 10 0/0 de carbonate de chaux; l'émail, 72 de phosphate de chaux, 8 de carbonate de chaux et 20 de matière animale.

relative dans l'émail, l'ivoire et le cément, des dents de ruminants, est à 90,9, 70,3 et 60,7; ainsi l'émail est la plus résistante de toutes les parties solides d'un squelette. Et nous avons vu que dans les dents fossiles le phosphate de chaux entrait aussi pour 70 à 76 0/0 de leur composition générale; telle est la raison de leur constante conservation. Cette fixité communiquée aux parties solides des vertébrés par une plus ou moins grande quantité de phosphate de chaux est la cause pour laquelle on ne les trouve point à l'état de moules et d'empreintes, et les dents moins encore que toutes les autres, non-seulement chez les mammifères, mais aussi chez les reptiles et les poissons. Il aurait fallu, pour faire disparaître les os et les dents, des agents plus énergiques que ceux qu'emploie ordinairement la nature, elle qui agit presque toujours par les causes lentes. Pour son laboratoire, nos heures sont des années, et nos années des siècles.

Les défenses de pachydermes ont, comme on vient de le voir, une grande analogie de composition avec les dents, puisque celle d'un Éléphant fossile renfermait 75 0/0 de phosphate de chaux, ce qui explique leur fréquence, malgré les conditions généralement peu favorables dans lesquelles elles se sont trouvées. L'analogie des bois de ruminants (Cerfs, Élans, Rennes, etc.) avec les os explique également leur fréquence, de même que la composition des cornes de Bœuf, dont le noyau seul est osseux, des sabots de Cheval, des crins, des ongles, des cheveux, des poils, des piquants cornés, etc., qui ne contiennent aucune base minérale en quantité un peu notable pour leur communiquer une certaine stabilité, rend compte de leur absence complète dans les circonstances semblables.

La composition chimique d'un corps organisé a donc la plus grande influence sur son degré de conservation ou d'altération, soit par elle-même, soit par suite des actions qu'exercent les substances avec lesquelles il se trouve en contact.

Nous avons déjà dit quelques mots de la composition générale des os dans les trois autres classes de vertébrés. Ceux des oiseaux, à volume égal, paraissent contenir plus de substance ter- *Oiseaux, reptiles, poissons.*

reuse que les autres vertébrés, quoique sous ce volume leur densité soit moindre. Dans les poissons, la proportion des sels terreux est plus faible que chez les mammifères et les oiseaux. Aussi sont-ils rares à l'état fossile comparativement à l'abondance des animaux de cette classe qui ont dû peupler les mers anciennes. Les poissons que l'on rencontre, sauf dans certains gisements particuliers où ils ont été heureusement conservés plus ou moins entiers, sont presque toujours déformés, aplatis, écrasés et représentés par leurs écailles, remplacées elles-mêmes, comme on l'a dit, par des matières bitumineuses ou métalliques.

Dans les poissons cartilagineux, les cartilages qui diffèrent peu de ceux des autres vertébrés, étant composés de 0,16 de phosphate de chaux, de magnésie et de fer, de 0,12 de sulfate de chaux avec des traces d'alumine, de soude, de potasse, tout le reste étant de la matière animale, ne sont, par conséquent, point conservés à l'état fossile.

Écailles de reptiles.

Les écailles de reptile à l'état frais sont composées d'une substance cornée qui, dans les jeunes Crocodiles, renferme peut-être 1 1/2 0/0 de matières terreuses, et il n'y en a pas plus de 3 0/0 dans les écailles de la crête dorsale, qui sont celles qui en renferment le plus. Elles sont, par conséquent, rares à l'état fossile, ou ont été prises pour des écailles de poissons.

Suivant MM. Pelouze et Fremy, la composition de l'écaille des reptiles se rapproche de celle de la matière cornée, tandis que celle des écailles de poissons offre une certaine analogie avec la composition des os. L'écaille de tortue a donné au second de ces savants (p. 249) :

Carbone	53,6
Hydrogène	7,2
Azote	16,5
Oxygène et soufre	22,9
	100,0

Les écailles de serpents et de Lézards paraissent offrir une composition identique avec celle des tortues. Le résidu de cendres alcalines ne dépasse pas 0,03, suivant Berzelius.

ANALYSES DE DIVERS OS DE POISSONS (p. 273).

Os de poissons.

	CRANE DE MORUE.	OS DE BROCHET.	ÉPINE DORSALE DE REQUIN.	CRANE DE RAIE.
Matière animale.	43,94	37,36	57,07	78,46
Phosphate de chaux.	47,96	55,26	32,46	14,20
Sulfate de chaux.	»	»	1,87	0,85
Carbonate de chaux.	5,50	6,16	2,57	2,61
Phosphate de magnésie.	2,00	»	1,05	»
Sulfate de soude.	»	»	0,80	0,70
Soude et chlorure de sodium. . .	0,60	1,22	3,00	2,46
Fer et perte.	»	»	1,20	»
Fluorure de calcium, phosphate de magnésie et perte. . . .	»	»	»	0,74
	100,00	100,00	100,00	100,00
	CHEVREUL.	DUMÉNIL.	MARCHAND.	ID.

Les écailles de poissons renferment une matière animale analogue à celle qui constitue les cartilages de ces animaux. Elles perdent à 100° de 11 à 16 0/0 d'eau. On doit à M. Chevreul les résultats suivants :

Écailles de poissons.

	LEPISOSTEA.	PERCA LABRAX.	
Substance animale azotée. . .	41,10	55,00	51,42
Phosphate de chaux.	46,20	37,80	42,00
Carbonate de chaux.	10,00	3,06	3,68
Phosphate de magnésie. . . .	2,20	0,90	0,90
Graisse.	0,40	0,40	1,00
Carbonate de soude.	0,10	0,90	1,00
Perte.	»	1,94	»
	100,00	100,00	100,00

Page 250.

CENDRES D'ÉCAILLES DE	QUANTITÉS.	PHOSPHATE DE CHAUX.	PHOSPHATE DE MAGNÉSIE.	CARBONATE DE CHAUX.
Lepisostea (éc. osseuse). .	59,3	51,8	4,6	4,0
Coffre.	51,0	44,6	»	5,2
Maigre.	41,9	36,4	0,7	2,0
Brochet.	43,4	42,5	traces	1,3
Carpe.	34,2	33,7	traces	1,1

Ces analyses expliquent très-bien pourquoi on rencontre fréquemment les écailles de poissons à l'état fossile, tandis que celles des reptiles ont presque toujours disparu.

Mais des diverses parties solides des animaux vertébrés, celles qui ont le plus énergiquement résisté aux causes de destruction

Dents de poissons.

chimiques et physiques de tous les temps et quelles que soient les roches qui les renferment, celles que par conséquent on ne trouve jamais à l'état de moules ou d'empreintes, et qui ont presque toujours conservé une fraîcheur telle qu'elles semblent s'être détachées à l'instant de l'animal, ce sont les dents de poissons, les plaques palatales ou en pavés, etc., qui garnissent la bouche de ces animaux. On les rencontre souvent à profusion dans des couches où l'on ne trouve point de traces de leurs autres parties, sauf quelquefois des vertèbres en petit nombre. Nous ne possédions cependant jusqu'à présent aucune analyse qui vînt nous expliquer cette inaltérabilité presque absolue, laquelle pouvait seulement nous faire soupçonner dans ces organes une proportion énorme de phosphate de chaux au moins égale à celle de l'émail des mammifères.

Notre savant collègue au Muséum, M. Fremy, a bien voulu, à notre prière, combler cette lacune, et nous sommes heureux de compléter les renseignements que nous avions déjà puisés dans son ouvrage en insérant ici les résultats de ses dernières recherches.

Les dents de poissons vivants (*Oxyrhina*, etc.) que nous devons à l'obligeance de M. A. Duméril étaient en général trop petites pour que l'on pût en analyser séparément et d'une manière quantitative les deux parties constituantes, l'émail et l'ivoire; mais il résulte des essais qualitatifs que leur émail ne contient qu'une quantité insignifiante de substance organique, et qu'il est presque entièrement formé de phosphate de chaux uni à quelques centièmes de carbonate de chaux.

Cette composition, presque uniquement minérale, constituant ainsi à la surface de l'ivoire une couverte indécomposable et préservatrice, explique très-bien la solidité et la conservation des dents enfouies dans les roches sédimentaires des divers âges.

Quant à l'ivoire de ces mêmes dents, il a paru être identique avec l'ivoire ordinaire des dents des autres vertébrés, et sous tous les rapports il peut être comparé à la substance d'un

os. On peut dire qu'en général les dents de poissons, quant à la composition de l'émail et de l'ivoire, ne diffèrent pas sensiblement de celles des autres vertébrés; mais, toutes proportions gardées, l'émail y est plus abondant relativement à l'ivoire, et c'est sans doute à cette circonstance que leur conservation est encore plus complète et plus constante à l'état fossile que celle des autres animaux.

L'analyse des dents de poissons fossiles tertiaires a présenté les résultats suivants à M. Fremy :

	CARCHARODON MEGALODON. (faluns de Dax)		CARCHARODON SULCIDENS. (crag de Felixtow)	
	ÉMAIL.	IVOIRE.	ÉMAIL.	IVOIRE.
Phosphate de chaux.	81,41	48,19	24,28	3,39
— de fer.	4,31	27,85	62,05	72,72
— de magnésie. . .	1,72	1,35	1,62	1,60
Carbonate de chaux.	10,18	17,57	8,55	19,37
Silice.	traces	0,40	traces	0,50
Matières minérales diverses.	2,38	4,64	3,50	2,42
	100,00	100,00	100,00	100,00

Il résulte de ces analyses que, par suite de la fossilisation, la quantité de matière organique azotée qui, dans les dents entières de poissons vivants, pouvait être de 30 à 35 0/0, comme on l'a vu pour les os, a complétement disparu. Les dents fossiles examinées ne contiennent plus de traces d'osséine. Par la calcination, elles deviennent légèrement brunes et dégagent une odeur bitumineuse due à la présence d'une très-faible quantité de matière organique étrangère à la constitution originaire des dents.

Pendant la fossilisation, l'osséine est remplacée par du carbonate de chaux et du péroxyde de fer, qui se trouvent d'abord en dissolution dans l'acide carbonique, et qui se fixent ensuite dans le tissu dentaire. L'oxyde de fer vient même y remplacer une partie de la chaux; en s'unissant à l'acide phosphorique, il forme un phosphate de fer insoluble.

Les phénomènes chimiques de la fossilisation, ajoute M. Fremy, doivent varier avec la composition de la roche où la transformation s'accomplit. Je les ai étudiés dans une roche cal-

caire et ferrugineuse; ils seraient probablement différents dans une roche siliceuse ou argileuse. Ils peuvent également varier avec le degré de porosité de l'os qui se fossilise. Il en résulte que l'étude chimique des os fossiles n'est pas de nature à fournir des données certaines et utiles pour la détermination de leur âge, car le temps n'exerce pas seul son influence sur les modifications chimiques qu'ils éprouvent à l'intérieur du sol.

Coprolithes. Les *fèces* d'animaux vertébrés que l'on rencontre dans les couches sédimentaires, et que l'on désigne sous le nom général de *coprolithes*, diffèrent, comme on le conçoit, suivant les animaux dont ils proviennent, et peuvent, dans certaines circonstances, sinon suppléer à la présence de ceux-ci, au moins faire soupçonner leur existence. Des coprolithes de mammifères ont donné, sur 1000 parties :

Mammifères.

Phosphate de chaux.	625
Carbonate de chaux.	150
Eau.	120
Limon siliceux et oxyde de fer.	55
Fluorure de calcium, matière organique.	traces
Perte.	50
	1000

Oiseaux. Des coprolithes d'oiseaux ont donné sur 100 parties :

Eau, matière organique, urate et sels d'ammoniaque.	10,30
Chlorure de sodium.	0,51
Sulfate de chaux et de magnésie.	1,75
Phosphate de chaux et de magnésie.	39,60
Carbonate de chaux.	34,77
Silicate.	13,07
	100,00

Reptiles. Nous ne connaissons qu'imparfaitement la composition des coprolithes de reptiles dans lesquels la proportion du phosphate et celle du carbonate de chaux paraît être moindre que dans les précédents.

Quant à ceux de poissons, ils contiennent jusqu'à 90 0/0 de

phosphate et de carbonate de chaux, de phosphate de magnésie, des oxydes de fer et de manganèse, de la silice, des traces de matières animales, etc.

Si, d'une part, l'acide urique caractérise les coprolithes d'oiseaux, et si les coprolithes diffèrent par leur composition de toutes les autres substances organiques, on doit supposer que cette composition n'est représentée que d'une manière très-imparfaite à l'état fossile, vu la grande quantité de substances altérables ou déliquescentes qui ont dû disparaître, tandis que d'autres ont pu y être introduites par des opérations inverses.

Empreintes physiologiques.

Nous désignerons sous le nom d'*empreintes physiologiques*, pour les distinguer des empreintes ordinaires laissées par un corps dans la roche où il a été enfoui, les traces que des animaux vertébrés ou autres ont faites en marchant sur le sable humide des bords de la mer ou d'un lac. Ces empreintes de pas, qui nous donnent la forme du pied des animaux qui les ont tracées, sont particulièrement attribuées à des reptiles, à des oiseaux, quelquefois à des annélides et à certains crustacés. Les plus remarquables jusqu'à présent sont celles que l'on trouve dans des couches arénacées ou des grès de la formation du trias en Allemagne et en Angleterre, et qui ont été rapportées à des reptiles, et celles beaucoup plus nombreuses et plus variées signalées dans le grès rouge de la vallée du Connecticut. On a donné à ces dernières le nom d'*Ornithichnites*, parce qu'on présume qu'elles sont dues à des oiseaux dont on doit dire que jusqu'à présent aucun fragment n'est venu confirmer l'existence. Ces empreintes, comme on le conçoit d'après leur origine, se trouvent en relief sur la plaque de grès supérieure et en creux sur celle de dessous.

§ 4. Animaux invertébrés.

Crustacés.

Si nous passons à la grande division des animaux sans vertèbres, nous trouverons dans la classe des crustacés des con-

ditions qui ont été souvent très-favorables pour leur conservation à l'état fossile. Leur enveloppe solide, composée d'une grande quantité de carbonate de chaux, de matière animale et d'une moindre proportion de phosphate calcaire, offre d'ailleurs, suivant les familles et les genres, des quantités très-différentes de ces divers éléments. Certains crustacés ont une enveloppe extérieure à peine cornée; chez d'autres elle est tellement chargée de calcaire qu'elle possède une extrême solidité.

Lorsque l'enveloppe tégumentaire est demi-cornée, elle se compose presque exclusivement d'albumine et de *chitine*, substance organique ainsi nommée par Braconnot, et qui se trouve aussi chez les insectes. Insoluble dans l'eau, l'éther et l'alcool, elle est solide, transparente, d'aspect corné, des plus inaltérables, et joue chez les articulés le rôle du phosphate de chaux chez les vertébrés. Elle n'est point azotée, et sa composition correspond à celle de la cellulose. M. Fremy indique la suivante (p. 93) :

Carbone.	6,7
Hydrogène.	43,4
Oxygène.	49,9
	100,0

Elle se trouve également dans les carapaces les plus résistantes et les plus chargées de matières calcaires. Dans celle du *Carcinus mænas*, M. Milne Edwards indique 10 0/0 de chitine, 18 d'eau, 63 de sels calcaires et d'un peu de matière animale, et 8 d'alumine. Dans les segments dorsaux et les anneaux de l'abdomen il y avait 20 0/0 de chitine et 54 de substances terreuses.

M. Fremy a donné les résultats suivants des analyses du test de la Langouste et de l'Écrevisse :

	TEST DE LANGOUSTE.	TEST D'ÉCREVISSE.
Phosphate de chaux.	6,7	6,7
Carbonate de chaux.	49,0	56,8
Matière organique.	44,3	36,5
	100,0	100,0

On doit à M. Chevreul les analyses suivantes.

	TEST DE HOMARD.	TEST DE CRABE.
Phosphate de chaux.	3,32	6,0
— de magnésie.	1,26	1,0
Carbonate de chaux.	47,26	62,8
Matière organique.	44,76	28,6
Sels de soude.	1,50	1,6

La matière verte colorante du test, qui se trouve aussi dans les œufs de Homard, devient d'un beau rouge par la dessiccation, le frottement, dans le vide, l'alcool, l'éther, les acides, etc.; l'eau est le seul dissolvant qui ne l'altère pas.

On sait que les crustacés de la grande famille des trilobites règnent à peu près exclusivement dans les dépôts de transition; les crustacés macroures sont les plus fréquents dans les dépôts secondaires, les brachyures, dans le terrain tertiaire, les cirrhipèdes, sauf quelques petits genres (*Pollicipes*, *Scalpellum*, etc.), sont plus particulièrement tertiaires, les entomostracés sont de tous les âges.

Les conditions de la fossilisation ou de la conservation des crustacés sont assez différentes, suivant les genres et les diverses parties d'un même individu, et ces différences sont encore, comme dans les divers os du squelette des vertébrés, en rapport avec la proportion de phosphate de chaux, de carbonate de chaux et de chitine que ces parties renferment. Aussi y a-t-il des genres dont on ne retrouve que la carapace dorsale, d'autres les pinces, etc.

Les restes de crustacés macroures sont moins fréquents que ceux des brachyures ou des Crabes, dont on retrouve souvent toute la carapace dorsale parfaitement conservée. Cependant les *Calianassa*, très-répandues dans la formation crétacée supérieure et le terrain tertiaire inférieur, n'offrent presque jamais que les pinces à l'état fossile (*C. Faujasii*, *Archiaci*, *Hericarti*, etc.); d'où nous devons conclure que la carapace de ces animaux, de même que les anneaux de l'abdomen, ne renfermaient que peu ou point de phosphate et de carbonate de chaux ni de chitine. Ce caractère s'observe aujourd'hui dans le crustacé vulgairement connu sous le nom de *Bernard l'ermite*.

Quant au test des trilobites, il a subi de telles modifications par suite des circonstances auxquelles il a été soumis pendant un laps de temps énorme, que, réduit aujourd'hui à l'état de calcaire spathique, il ne nous indique rien sur sa composition originaire ni sur sa structure première. Ce test, d'ailleurs fort mince, a le plus ordinairement disparu, et ces singuliers animaux ne nous sont connus que par leurs moules et leurs empreintes représentant seulement la surface supérieure du corps, l'inférieure n'étant presque jamais apercevable.

Dans les divers terrains, on rencontre aussi les autres crustacés à l'état de moules et d'empreintes.

Quant à l'ordre des cirrhipèdes, comprenant les Balanes, les Anatifs, etc., la solidité de leur test celluleux et leur manière de vivre fixés aux roches et sur tout autre corps devaient contribuer à leur conservation dans la plupart des cas. La composition de ce test est d'ailleurs assez analogue à celui des mollusques, dont nous parlerons tout à l'heure. Cependant on doit remarquer que dans les Balanes, les *Pollicipes*, les *Scalpellum*, etc., le test étant composé de parties assez compliquées et distinctes, dont la composition chimique n'est pas absolument identique, elles ne résistent pas toutes également à l'altération, et certaines d'entre elles se trouvent alors isolées, comme on le voit dans la craie blanche et la craie supérieure.

Nous ne possédons point de données bien certaines sur la composition du test des entomostracés (ostracodes). L'aspect corné des valves de Cypridinées et leur conservation parfaite dans un grand nombre de cas, ainsi que leur abondance dans la plupart des terrains, doivent faire présumer qu'elles renferment beaucoup de sels calcaires et probablement de chitine. Mais, dans certaines circonstances aussi, on ne les retrouve qu'à l'état de moules et d'empreintes.

Insectes. Les téguments externes solides des insectes, souvent cornés comme dans les crustacés, se composent aussi de chitine ou *élythrine*, désignée plus particulièrement sous le nom d'*entomoline*, d'une autre substance organique, la *coccine*, et d'huiles diversement colorées, suivant les espèces. On y trouve également

de petites quantités d'alumine, de sous-carbonate de potasse, de phosphate de chaux, etc., composition qui se rapproche de la corne des vertébrés. Aussi ne rencontre-t-on les insectes fossiles que dans des conditions particulières, soit à cause de leur délicatesse et de leur extrême fragilité, soit à cause de leur altérabilité, toujours en rapport avec le plus ou moins de chitine qu'ils renferment.

Ces conditions sont cependant encore assez fréquentes pour que, dans certaines localités, les dépôts tertiaires et secondaires nous permettent de juger des caractères de la faune entomologique de ces époques (Armissan, Aix, en France ; Œningen, en Suisse ; Radoboï, en Croatie ; Solenhofen, en Bavière ; ambre des bords de la Baltique, groupe wealdien, schistes de Stonesfield et lias d'Angleterre). Les élytres des coléoptères, les ailes des névroptères, les pattes, les antennes, ont été conservés de manière à permettre souvent des déterminations assez précises et à suivre le développement des divers ordres dans le temps, parallèlement à celui des végétaux dont dépend leur existence.

Les insectes se montrent en plus grande quantité là où abondent surtout les plantes terrestres, et, dans la plupart des cas, on doit supposer que la terre était proche et qu'ils ne furent pas transportés bien loin des lieux où ils vivaient. Les dépôts qui les renferment sont d'eau douce ou formés dans des estuaires non loin des côtes; aussi la plupart des espèces sont-elles terrestres, et beaucoup d'entre elles habitaient les bois, les marais bas ou des lieux humides.

Annélides.

Parmi les annélides tubicoles, les Serpules ont laissé leurs tubes calcaires solides, qui se sont conservés dans le plus grand nombre des cas, n'ayant perdu que la matière animale qui s'y trouvait comprise, toujours en fort petite quantité, comme dans le test calcaire des mollusques. Souvent, d'ailleurs, on a pris pour des tubes provenant d'animaux de cette classe des tuyaux de Vermet, de Taret, de *Septaria*, etc. Quelquefois les tubes ont été silicifiés et même à l'état d'orbicules (*Serpula spirulæa*, Lam., de Biarritz.) Les annélides arénicoles ont aussi laissé, à la surface du sable humide ou de la vase de la plage, des

empreintes que les couches suivantes ont conservées et nous ont transmises dans certaines circonstances favorables, comme celles de la marche des reptiles et des oiseaux. Telles sont les *Néréites*, les *Némertites* et les *Myrianites* du terrain de transition, le *Scoletia prisca* de la craie, etc.

Mollusques.

Les coquilles ou parties solides des animaux mollusques sont de tous les débris fossiles les plus variés, les plus constants et les plus utiles pour l'application de la paléozoologie à la géologie. Elles ont ainsi un double intérêt scientifique et pratique qui doit appeler particulièrement notre attention.

Quoique la composition de leur test ne soit pas identique dans les genres et les familles, le carbonate de chaux y est toujours la substance dominante, et cette composition peut être représentée d'une manière générale par 95 à 96 0/0 de chaux carbonatée, 1 à 2 de chaux phosphatée, 1 à 1 1/2 d'eau et 1 0/0 de matière animale. Les coquilles de céphalopodes renferment plus de cette dernière substance que celles des autres ordres ; aussi leur test est-il plus rare à l'état fossile et ne se retrouve-t-il que dans des conditions particulières.

Céphalopodes.

Les coquilles de céphalopodes peuvent donner lieu à des remarques spéciales, suivant les ordres, les familles et les genres dont leurs restes proviennent.

Ainsi, parmi les décapodes, les parties solides intérieures désignées sous le nom de *plumes* ou d'*os* dans les *Teudopsis*, les *Geoteuthis*, les *Leptoteuthis*, et analogues à l'os de la Sèche ou à celui du Calmar, se rencontrent à l'état fossile, parce que ces corps sont composés de carbonate de chaux et de chitine, et non d'une véritable corne dont ils n'ont que l'apparence.

Ainsi l'os de la Sèche renferme, suivant John (1) :

Matière animale.	11
Carbonate de chaux et traces de phosphate de chaux.	85
Eau et un peu de magnésie.	4
	100

La plume de Calmar contient de la chitine.

(1) Pelouze et Fremy, *loc. cit.*, p. 291.

Des Sèches proprement dites on trouve à l'état fossile l'extrémité de l'os, qui est beaucoup plus compacte, plus dur et plus solide que le reste, et désigné d'abord sous le nom de *Belosepia*. Le *Beloptera*, qui est aussi l'extrémité de l'os d'un céphalopode voisin du précédent, et appartenant de même au terrain tertiaire inférieur, doit sans doute sa conservation à une composition analogue.

Dans les Bélemnites, formées de deux parties distinctes, le cône cloisonnaire intérieur et la gaîne extérieure, celle-ci est sans exception cristalline, à fibres rayonnantes. La densité du corps égale celle des *Pinna* vivantes, et il peut être comparé, ainsi que nous l'avons dit (*antè*, p. 484), à l'extrémité ou rostre de l'os de la Sèche. Quant au cône alvéolaire, les loges se remplissent de la matière de la roche ou de carbonate de chaux par le siphon, comme dans les Orthocératites, avec lesquels il a été souvent confondu; mais son test particulier ne présente jamais la structure fibreuse.

Comme tous les tests naturellement spathiques, celui de la gaîne des Bélemnites est presque toujours conservé, et ce corps ne donne pas lieu à des moulages ou contre-empreintes. Il est très-rarement recouvert de fer sulfuré (*Bélemnites* des marnes du lias de Vassy). Plus rarement encore, cette substance revêt le cône alvéolaire. Dans un individu complet, provenant du lias de Mariensagen, le fer sulfuré s'était introduit entre le test du cône et le remplissage des loges par la marne de la roche environnante. La pellicule irisée était d'une minceur extrême et revêtait également les cloisons. La dissolution s'était évidemment introduite par le siphon, et la gaîne extérieure ne présentait aucune trace de revêtement métallique.

Dans les céphalopodes à coquilles cloisonnées, à cloisons simples ou ramifiées, droites, plus ou moins courbées, ou tout à fait enroulées, les phénomènes de la fossilisation sont extrêmement variés. Depuis les Orthocératites jusqu'aux Nautiles, depuis les Baculites jusqu'aux Ammonites, en passant dans les deux séries par toutes les formes intermédiaires dont on a fait autant de genres, nous trouvons des moulages com-

plets des cavités intérieures avec le test, les cloisons et le siphon en partie conservé. Nous disons en partie, parce que s'il était resté intact dans toute son étendue, le moulage des loges n'était pas possible dans les espèces où le siphon est continu. Le moulage peut avoir été également complet et la matière du test avoir ensuite été remplacée par du fer sulfuré, comme dans les Ammonites du gault, des argiles d'Apt, d'Oxford, du lias, etc. Dans ce cas, l'épigénie est nécessairement postérieure à l'opération du moulage.

Mais, le plus ordinairement, le fer sulfuré s'est déposé sur les parois des loges et a doublé en quelque sorte les cloisons d'une mince pellicule de substance minérale ; il en est de même du test extérieur, ce qui fait souvent croire qu'il y a eu substitution; mais, en réalité, on peut observer ce dernier toujours très-mince, compris entre les deux lames de fer sulfuré. Nous avons dit (*antè*, p. 494) que, toutes les fois que l'on apercevait sur le pourtour extérieur du corps les sutures des cloisons, c'est qu'on n'avait sous les yeux qu'un moule, et non la représentation du test. Enfin, dans un grand nombre de cas, le fer sulfuré, plus ou moins altéré à la surface, est passé à l'état de fer oxydé hydraté. Dans d'autres cas, le fer hydroxydé et le fer oligiste ont joué le rôle du fer sulfuré (*antè*, p. 494).

Le test calcaire nacré d'une coquille de céphalopode cloisonnée peut encore être passé complétement à l'état spathique et cristallin (Nautiles de l'oolithe inférieure, Ammonites du lias, etc.), ou bien avoir été remplacé complétement aussi par de la silice ordinairement calcédonieuse, sans que les cavités des loges aient été tout à fait remplies (Ammonites du grès vert des Blackdowns et du Havre). Les loges peuvent être occupées partiellement par du carbonate de chaux qui a cristallisé sur leurs parois, ou par de la silice qui les a tapissées en tout ou en partie de cristaux de quartz, parfois enchevêtrés avec ceux de carbonate de chaux. Le remplissage de toutes les loges d'une Ammonite ne s'est pas toujours effectué d'un seul coup ni avec la même substance ; cette opération a été quelquefois très-longue, interrompue à diverses reprises, et chaque phase

est caractérisée ou marquée par une substance différente, ce qu'il est facile de constater par une coupe faite dans le plan d'enroulement de la coquille, et qui met toute la spire à découvert suivant le siphon. On pourra y voir, à partir du centre, que le remplissage a été effectué tantôt par la matière de la roche environnante, tantôt par du carbonate de chaux pur ou par de la silice; puis quelques loges sont restées vides en partie, et les suivantes sont occupées par un sédiment argileux ou d'une tout autre nature; enfin les dernières sont remplies encore par la matière de la couche qui renferme le fossile.

Dans certains cas, comme dans une *Ammonites bifrons* du lias supérieur, chaque loge prise isolément constitue une géode de carbonate de chaux mamelonné, composée de zones de diverses teintes de brun, et dont le centre est quelquefois occupé par des cristaux de quartz hyalin. Le siphon est dans toute son étendue rempli de calcaire spathique brun. Dans une *A. obtusus* du lias de Lyme-Regis, le moule complet est en carbonate de chaux pur dans les trois quarts de la spire, et, en se rapprochant de l'ouverture, il se mélange de plus en plus de la pâte de la roche qui constitue seule le remplissage des dernières loges. Souvent, après que les loges des premiers tours ont été remplies par le sédiment de la roche environnante, celles des suivants restent vides, ou simplement tapissées de chaux carbonatée, et les dernières sont de nouveau remplies par la matière de la couche. Enfin toute la spire peut être remplie par cette dernière. Mais que l'opération ait été continue ou intermittente, on conçoit qu'elle a toujours exigé un laps de temps très-considérable.

L'opération du moulage est d'autant plus parfaite, que la matière qui l'effectue est à pâte plus fine. Ainsi les moules d'Ammonites du calcaire compacte ou marbre d'Halstadt, sont, malgré l'extrême complication des sutures, d'une finesse et d'une délicatesse de détail que le burin le plus exercé ne dépasserait pas.

Si quelquefois les Ammonites, les Hamites et les Nautiles ont conservé leur test nacré, mince, irisé comme dans le gault, il

ne reste, dans le plus nombre de cas, qu'un moule ou une contre-empreinte reproduisant les caractères intérieurs de la coquille ou toutes les sutures des cloisons, et, en même temps, à cause de la minceur constante du test, la plupart des accidents ou ornements extérieurs.

Sur quelques moules ou empreintes d'Ammonites, de Scaphites, de Turrilites ou de Hamites, de la craie de Rouen particulièrement, on remarque une teinte légèrement irisée, comme la nacre, et que l'on pourrait attribuer à une portion du test restée adhérente ; mais ce n'est, en réalité, qu'un phénomène analogue à celui d'une empreinte prise avec une cire très-homogène sur un test nacré et irisé, et qui serait dû à une disposition particulière des aspérités très-délicates de la surface nacrée.

Les mandibules calcaires des Nautiles (*N. lineatus* de l'oolithe inférieure du Calvados et de Saint-Maixent) et celles désignées par les noms de *Conchorhynchus* du trias, de *Rhynchoteuthis* des formations jurassique et crétacée, de *Paleoteuthis*, ib., sont parfaitement conservées, tandis que les mandibules cornées des autres céphalopodes acétabulifères ont disparu.

Gastéropodes.

Les coquilles de gastéropodes n'éprouvent point d'altérations particulières ; le moulage en est ordinairement très-simple et le résultat souvent peu caractéristique ; mais dans certains cas cette opération peut donner lieu à des méprises contre lesquelles il faut être prémuni. Ainsi, chez les Nérites, les Néritopsis, les Cônes, etc., qui, de leur vivant, détruisent ou résorbent tout ou partie de l'intérieur des tours de la spire, le moule ne présente le plus souvent qu'une masse pleine, continue, sans divisions apparentes. Ceux de *N. Schmideliana* en sont un exemple bien connu.

Acéphales.

L'analyse des écailles d'Huîtres a donné à MM. Bucholz et Brandes (1) :

Phosphate de chaux.	1,2
Carbonate de chaux.	98,3
Matière organique.	0,5
	100,0

(1) *Loc. cit.*, p. 290.

Celle de la nacre de perle :

Matière organique.	2,5
Carbonate de chaux.	66,0
Eau et perte.	31,5
	100,0

La plupart des coquilles qui ont été analysées dans ces derniers temps, ajoutent ces deux chimistes, à l'exception de 1 ou 2 centièmes de phosphate de chaux, sont presque exclusivement composées de carbonate de chaux. Dans certaines d'entre elles, ils signalent une substance particulière qu'ils désignent sous le nom de *conchilioline* ou *conchioline*.

De même que les os le test des mollusques se modifie dans les couches de la terre, par la disparition du peu de matière organique qu'il contenait et son remplacement par diverses substances étrangères qui en augmentent le poids et la solidité. Nous reproduirons encore le tableau suivant, donné par MM. Marcel de Serres et Figuier, qui montre la composition comparée de quelques coquilles vivantes et fossiles.

	COQUILLES							
	D'HUÎTRE VIVANTE.	D'HUÎTRE FOSSILE.	IDEM.	DE PECTEN GLABER VIVANT	IDEM FOSSILE.	IDEM FOSSILE.	DE VÉNUS VIVANTE.	IDEM FOSSILE.
Matière animale . . .	3,9	1,0	0,8	3,0	0,9	0,7	3,0	1,0
Carbonate de chaux. .	93,9	96,8	96,5	96,0	97,3	96,7	96,6	97,9
id. de magnésie.	0,3	0,1	1,4	traces	0,8	0,4	traces	traces
Oxyde de fer.	traces	»	0,8		0,5	1,4		0,5
Sulfate de chaux. . .	1,4	0,7	0,5	0,7	0,5	0,8	0,3	0,6
Phosphate de chaux. .	0,5	1,4	»	0,3	»	»	0,1	»
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Le carbonate de chaux constitue donc presque exclusivement le test des coquilles, et celui-ci devra résister aux causes exté-

rieures chimiques et physiques qui n'attaquent point cette substance; mais, si des eaux plus ou moins acidules viennent à s'introduire dans les couches, on conçoit que ce test disparaîtra entraîné par la dissolution, ne laissant pour témoin de sa présence qu'un moule de sa cavité intérieure, qui aura été rempli par la matière de la roche, et autour l'empreinte de sa surface extérieure que celle-ci aura conservée. Mais ce que l'on conçoit moins, c'est que, lorsque la roche est calcaire, elle ne porte aucune trace d'altération analogue. Comment les contours des moules et des empreintes n'ont-ils pas été plus ou moins dissous et comment l'action dissolvante ne s'est-elle exercée précisément que sur le test, comme si la roche eût été, par exemple, un grès quartzeux? C'est un point sur lequel nous appelons l'attention des géologues.

Brachiopodes. Parmi les mollusques brachiopodes, le genre Lingule offre un intérêt très-particulier, car, se trouvant déjà dans les premières couches de sédiment où des corps organisés aient été signalés, c'est le seul de cette époque primordiale de la vie qui soit encore représenté dans les mers actuelles et qui le soit par des formes même très-difficiles à distinguer de celles de ces temps si reculés. Ici l'analogie de la composition vient encore s'ajouter à celle des caractères zoologiques, puisque les Lingules primordiales offrent les mêmes particularités que celles de nos jours, qui ont présenté à M. F. Cloëz (1) :

Matière organique azotée et phosphatée.	45,20
Carbonate de chaux.	6,68
Phosphate de chaux.	42,29
— de magnésie.	3,85
— de sesquioxyde de fer.	1,98
Silice.	traces
	100,00

Cette composition remarquable se rapproche à la fois de celle des écailles de poisson (*Lepisosteus*) et du test des insectes que nous avons vu renfermer une proportion plus ou moins

(1) *Journ. de conchyliologie*, vol. VIII, p. 62; juin 1860.

considérable de chitine. La grande quantité de phosphate de chaux, en les éloignant des coquilles ordinaires, les rapproche des os, dont elles ont toute l'inaltérabilité ; de sorte que les Lingules ne sont pas moins extraordinaires par la composition de leur test que par leur longévité unique jusqu'à présent dans l'histoire du règne organique. Ajoutons que, par une autre circonstance singulière et peu favorable aux hypothèses d'élections de perfectionnement ou de mutabilité des formes, ces brachiopodes n'ont jamais été ni très-variés ni très-nombreux en espèces à travers toutes les périodes qu'ils ont traversées, tandis que la plupart des autres genres de cette grande famille, les Térébratules, les Orthis, les Leptæna, les Spirifer, les Productus, etc., qui ont disparu presque tous après avoir régné plus ou moins longtemps, nous offrent les types les plus variés et d'une extrême fécondité.

La matière colorante des coquilles est organique et azotée ; Coloration. elle est immédiatement détruite par les acides les plus faibles, et elle est identique avec la substance rouge qui colore le corail. Aussi un des premiers effets de la fossilisation est-il la disparition des couleurs dont elles sont ornées. Dans certains cas cependant on aperçoit encore quelques restes de cette coloration, même sur des coquilles fort anciennes, telles que la *Natica subcostata* des couches dévoniennes de Paffrath, la *Natica millepuncta*, le *Melanopsis Dufourii*, le *Cerithium pictum* et des *Cypræa*, des dépôts tertiaires moyens et supérieurs. En général, les gastéropodes semblent avoir plutôt conservé leur coloration que les acéphales ; quelques *Pecten* et des Tellines les présentent encore partiellement.

La vivacité des couleurs des coquilles, en rapport avec la profondeur à laquelle elles vivent, et cela contrairement à ce que nous avons vu soutenu par M. Wallich (*antè*, p. 274), avait suggéré à Ed. Forbes (1) une idée ingénieuse pour apprécier la faible profondeur présumée des mers anciennes.

(1) *Note on an indication of depth of primæval seas afforded by the remains of colour in fossil Testacea*; 23 mars 1854.

Ce regrettable savant avait remarqué que non-seulement les couleurs, mais encore leurs bords, cessaient d'être bien prononcés à de grandes profondeurs et que ces couleurs n'étaient nettement caractérisées que dans les zones littorale et sub-littorale. Dans la Méditerranée, au-dessous de 182 mètres, 1 coquille sur 18 manifeste quelque coloration, encore n'est-il pas bien sûr qu'elle vive aussi bas; entre 64 et 100 mètres, la proportion des coquilles ornées de couleurs à celles qui sont tout unies est de moins de 1 à 3, et, entre le rivage et 3^m,65, celles qui sont ornées de bandes colorées, tachetées, etc., dépassent la moitié du nombre total.

Dans les mers britanniques, au-dessous de 180 mètres, même lorsque ce sont des individus d'espèces vivement rayées et colorées dans les eaux peu profondes, les coquilles sont blanches ou incolores. Entre 110 et 146 mètres les rayures et les bandes colorées se voient rarement, surtout le long des comtés du nord, tandis qu'à partir de 90 mètres jusqu'au bord de la côte, ces caractères sont bien marqués. Le rapport de la vivacité des couleurs avec l'intensité de la lumière qui traverse les différentes couches d'eau est un sujet qui reste à étudier, mais on peut déjà, avec ces données, avoir une indication sur la profondeur des mers anciennes, lorsqu'on examine les restes de coloration des coquilles fossiles dont les genres ont encore des représentants dans les mers actuelles.

Aussi Ed. Forbes pensait-il que les couches dans lesquelles les coquilles suivantes ont été recueillies devaient avoir été déposées dans des eaux peu profondes. Des traces de coloration s'observent sur les *Pleurotomaria flammigera* et *conica*, Phill., du calcaire carbonifère du Yorkshire, les *P. carinata* et *rotundata*, Sow., le *Solarium pentangulatum*, de Kon. et la *Patella solaris*, du calcaire carbonifère de Belgique. Dans le calcaire correspondant du Derbyshire, les *Pleurotomaria carinata* et *conica* ont offert la même particularité, puis un *Trochus*, le *Metoptoma pileus*, la *Patella retrorsa*, la *Natica plicistriata*, quatre espèces d'*Aviculo-pecten*, le *Spirifer decorus*, l'*Orthis resupinata* et la *Terebratula hastata*.

Les formes analogues vivent actuellement à une faible profondeur, et, quant aux brachiopodes, il en est de même pour ceux qui, aujourd'hui, présentent une ornementation colorée. Une Térébratule dévonienne du nord de l'Amérique est dans le même cas, et le *Turbo rupestris*, du calcaire silurien de la Chair de Kildare, montre des bandes colorées spirales.

La matière calcaire du test des coquilles devient blanche, poreuse, par la disparition du peu de matière organique qu'elle contenait, et peut alors happer à la langue et dégager une odeur argileuse par le souffle, caractère qui n'est point d'ailleurs exclusif à l'argile, puisque le quartz réduit en poudre le manifeste aussi. La matière de la roche environnante, marneuse, calcaire, argileuse, siliceuse ou ferrugineuse, s'infiltre dans les pores du test, qui de léger qu'il était devient plus pesant. Mais jusque-là la structure originaire du test, soit plus ou moins compacte, soit feuilleté ou fibreux, est reconnaissable, tandis que, dans certains cas (Ammonites, Pleurotomaires, Cypricardes, Astartes, etc., de l'oolithe inférieure des Moutiers, Calvados, Buccins dévoniens de Paffrath) et surtout dans les Trigonies du Portland-stone de Tisbury (Wiltshire), que nous avons déjà citées, la texture organique du test a complétement disparu; le carbonate de chaux est parfaitement cristallin et se clive suivant les plans du rhomboèdre. Il faut qu'il y ait eu ici un déplacement et un nouvel arrangement des molécules du carbonate, qu'il est assez difficile de concevoir sans une dissolution préalable. Cette explication serait justifiée par cette circonstance, que nous avons déjà rappelée (*antè*, p. 483), que dans certains cas on observe sur le moule de la coquille, formé par la matière de la roche environnante, un plus ou moins grand nombre de cristaux isolés ou agglomérés qui semblent représenter le reste du test dissous, qui aura cristallé ainsi sur place. La non-altération du moule et de l'empreinte est, dans ce cas, soumise à la même objection que ci-dessus.

Modifications du test.

Cette dissolution, partielle ou totale, et sa cristallisation ultérieure ne seraient d'ailleurs qu'un cas particulier de la circonstance qui donne lieu aux contre-empreintes et dans laquelle

la disparition complète du test primitif a permis, dans la cavité qui en est résultée, le moulage d'une autre substance, ordinairement la silice.

Test composé de deux parties. — Spondyles.

Un certain nombre de coquilles bivalves sont composées de deux couches, d'aspect, de texture et sans doute de composition différents. Ces couches ont leur plus grande épaisseur disposée en sens inverse du sommet ou des crochets vers le pourtour de la coquille. Dans les Spondyles, par exemple, le talon, la charnière et une portion de l'intérieur des valves sont formés ou revêtus d'une substance blanche, éburnée, beaucoup moins résistante que le test extérieur feuilleté et qui peut disparaître complétement dans la fossilisation. Avant que ce fait n'ait été signalé par M. Deshayes on avait cru devoir créer les genres *Podopsis*, *Dianchora* et *Pachytes* pour de véritables Spondyles particulièrement crétacés, chez lesquels ce mode d'altération s'était produit, et qui ne montraient plus que la partie extérieure du test sans talon, ni charnière ni impression musculaire.

Dans les Hipponices, le support adhérent à la roche offre un tissu feuilleté comme celui des Huîtres; aussi a-t-il résisté aux causes de dissolution, à l'exception de la place qui correspond à l'attache du muscle adducteur, laquelle, ayant sans doute la composition de la coquille elle-même, a disparu comme elle.

Rudistes.

Cette circonstance est plus frappante encore dans la famille des rudistes que chez toutes les autres. Les moules intérieurs paraissaient si différents des coquilles elles-mêmes qu'on a pu en faire des genres distincts sous les noms de *Birostrite* et d'*Ichthyosarcolithe*. En effet, ces coquilles ont deux tests : l'un extérieur, feuilleté, grossièrement rugueux et très-celluleux, composé de lamelles extrêmement délicates, très-rapprochées, divisant la masse en prismes perpendiculaires aux feuillets; l'autre intérieur, sub-nacré, compacte et plus ou moins épais. Or ici, comme dans les Spondyles dont nous parlions tout à l'heure, c'est cette dernière substance qui forme la charnière et tout l'appareil cardinal, qui porte les empreintes musculaires et transmet les caractères que les diverses parties molles de l'ani-

mal ont pu imprimer à l'intérieur de la coquille. On conçoit alors que si cet intérieur vient à être moulé immédiatement après la mort et la disparition de celui-ci par la matière de la roche environnante, et que plus tard le test intérieur soit dissous et disparaisse, on n'apercevra plus aucune relation entre le moule et la cavité dans laquelle il se trouve, puisque celle-ci ne sera plus formée que par le test extérieur celluleux.

Comme, en outre, sous beaucoup de rapports, les rudistes s'éloignent des autres bivalves, l'étrangeté des coquilles, d'une part, et, de l'autre, celle des moules intérieurs, qui ne se rapportaient plus aux parties conservées, autorisaient en quelque sorte la distinction que faisaient des zoologistes qui n'avaient pas eu occasion d'observer en place les relations des uns et des autres ni des individus bien conservés.

La difficulté de leur rapprochement était encore augmentée par une autre circonstance qui compliquait singulièrement la question. Dans certaines espèces fort allongées, surtout du genre Hippurite, l'animal, en vieillissant, s'avançait dans sa coquille laissant derrière lui des espaces vides, séparés les uns des autres par des cloisons transverses plus ou moins régulières et dont le remplissage ultérieur simulait assez bien les loges et les cloisons d'une coquille droite, telle que les Orthocératites; aussi ce genre fut-il placé alors parmi les céphalopodes, tandis que cette même disposition, en se reproduisant chez des rudistes à valves contournées en spirales disjointes à peu près dans un même plan, avait fait attribuer leurs moules à des céphalopodes voisins des Ammonites ; c'étaient les *Ichthyosarcolithes*, qui ont dû être rapprochées des Caprines.

Observations diverses.

Defrance, qui s'occupait avec un soin scrupuleux des modifications et de l'état des fossiles des divers terrains, remarquait, il y a 40 ans, que dans les formations secondaires et de transition les acéphales, soit pourvus encore de leur test, soit à l'état de moules ou d'empreintes, se montraient presque toujours avec leurs deux valves réunies, tandis que dans les dépôts tertiaires, si ce n'est dans ceux plus récents des collines sub-apennines, les valves sont presque constamment séparées.

Cette remarque nous paraît encore vraie aujourd'hui. Peut-être alors les coquilles étaient-elles plus promptement ensevelies dans la vase, la marne ou le sable, et soustraites à l'influence des agents extérieurs avant l'altération complète du ligament et des muscles qui maintenaient ainsi assez longtemps les valves rapprochées. Les bancs de coquilles qui de nos jours s'accumulent au-dessus du niveau moyen de la mer, et qui sont mélangés de sable et de cailloux, présentent aussi très-souvent les valves des acéphales disjointes et séparées, parce qu'elles sont longtemps exposées aux influences atmosphériques.

Le test des ostracées, des Peignes, des Térébratules et autres brachiopodes est celui qui résiste le mieux aux modifications opérées dans l'intérieur de la terre. On ne le trouve point à l'état cristallisé, malgré sa tendance à devenir quelquefois très-compacte. Si l'on y ajoute celui des rudistes très-poreux, au contraire, et le test extérieur des Spondyles, assez semblable à celui des Huîtres, on aura tous les tests d'acéphales qui se prêtent le mieux au changement beaucoup plus complet du test calcaire en orbicules siliceux, et cependant le test des ostracées, des Peignes et des Spondyles d'une part, celui des brachiopodes de l'autre, et en troisième lieu celui des rudistes, offrent des structures essentiellement différentes et très-caractéristiques.

Les tests de structure fibreuse, comme celui des *Pinna*, des *Pinnigena*, des Inocérames, se conservent généralement bien ; mais leur extrême fragilité, résultat de cette structure, fait qu'on n'en a presque jamais des échantillons un peu complets. Il est d'ailleurs privé, dans le plus grand nombre des cas, d'un test ou revêtement intérieur nacré, qui a disparu.

On voit donc combien il est essentiel de bien connaître la structure, la texture et la composition simple ou complexe des diverses coquilles pour se rendre compte des résultats variés de la fossilisation à leur égard.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce sujet, que nous reprendrons d'ailleurs plus en détail, en décrivant les mol-

lusques des divers terrains ; il nous a suffi d'indiquer les principales modifications que présentent leurs parties solides et leurs caractères généraux.

Les bryozoaires, malgré leur extrême délicatesse, se trouvent fréquemment dans un état parfait de conservation et dans tous les terrains, soit isolés, soit appliqués sur d'autres corps. Leur petitesse les a souvent soustraits à une destruction plus ou moins complète. Nous ne possédons pas de données particulières sur leur composition ; mais, dans la plupart des cas, on doit les supposer formés d'une aussi grande quantité de carbonate de chaux que les polypiers pierreux avec lesquels on les avait pendant longtemps confondus. Les parties membraneuses ou d'aspect corné, non solidifiées par du carbonate de chaux, dans certains genres, ont pu disparaître par la fossilisation; mais la netteté des autres caractères, même dans les genres du terrain de transition, comme les *Fenestrella*, permettent toujours de les distinguer. Si les Graptolithes doivent rentrer dans cette grande division, la nature de leur test nous est très-peu connue, quoiqu'on puisse le supposer plutôt membraneux ou corné que consolidé par de la matière calcaire. Bryozoaires.

Dans la classe des radiaires, les parties solides des échinides, des stellérides et des crinoïdes intéressent particulièrement le paléontologiste et le géologue. Nous avons déjà dit que le caractère commun à tous les restes calcaires de ces trois grands ordres était de présenter dans la cassure le clivage du rhomboèdre de la chaux carbonatée. Ce caractère, signalé il y a plus d'un siècle par Jean Gesner, est sans exception, et, comme il ne s'observe pas dans les parties correspondantes des animaux vivants ou de l'époque actuelle, il faut admettre que c'est un résultat de fossilisation dû à une structure particulière du test qui prédispose les molécules calcaires à se grouper suivant les lois de la cristallisation propres à cette substance. Radiaires.

Dans les Oursins vivants, le *Pentacrinus caput medusæ* et les Astéries, les parties calcaires présentent dans la cassure une texture très-finement spongieuse, homogène dans toute leur

étendue, et que nous avons comparée à celle de la moelle de sureau extrêmement condensée ; si l'on se rappelle que nous avons signalé l'analogie probable de la texture des Bélemnites avec celle de l'os de la Sèche et surtout du rostre qui est spongieux, mais à fibres entre-croisées, plus ou moins distinctes et régulières, on pourrait en conclure que cette disposition, observée dans la nature actuelle, est la plus propre à faciliter le passage du calcaire à l'état spathique par le fait même de la fossilisation. En outre, cet état spathique paraît s'opposer à la dissolution de ces corps par les agents ordinaires, car on les trouve moins fréquemment à l'état d'empreinte de moules, etc., que les coquilles des mollusques.

Échinides. Le test ou la coque des Oursins vivants, ou mieux des Échinides, est complétement enveloppé d'une membrane épidermique très-mince, de sorte que ce serait plutôt un squelette intérieur qu'une coquille comme chez les mollusques. Cette membrane étant facilement détruite, comme la plupart des substances animales, il en résulte que tous les petits piquants qui y adhèrent, comme ceux plus forts qui s'articulent sur les gros tubercules et qui sont, en outre, fixés par un muscle quand ceux-ci sont perforés, doivent tomber en même temps. Aussi ne trouve-t-on jamais les pointes ou les baguettes d'échinides fossiles adhérentes au test. Celui-ci en est toujours dépourvu, et c'est tout au plus si, dans quelques cas, on retrouve un certain nombre de baguettes de Cidaris autour ou près du test. Le banc du coral-rag de Calne (Wiltshire), où tous les individus d'*Hemicidaris intermedia*, Forb., sont encore entourés de leurs baguettes, est un exemple peut-être unique jusqu'à présent. L'appareil ou les pièces cornées de la bouche disparaissent aussi, tandis que les dispositions cloisonnaires, que l'on observe à l'intérieur de certains genres de scutellidées, persistent comme le test lui-même, à cause de leur nature essentiellement calcaire. L'appareil anal, dont les pièces sont également calcaires, résiste à la décomposition.

Dans toutes les couches, on trouve donc les baguettes ou piquants séparés de la coque, ordinairement remplie par la ma-

tière de la roche qui en donne ainsi un moule intérieur, tandis que la pâte qui l'enveloppe en reproduit l'empreinte extérieure. Mais il arrive quelquefois qu'il se manifeste une cristallisation beaucoup plus complète que la spathification générale du test. Chacune des 20 rangées de plaques hexagonales présente un même nombre de cristaux de chaux carbonatée inverse, disposés symétriquement au dehors et au dedans du test. Ces 20 rangées de cristaux sont, comme les plaques, accouplées deux à deux, et chaque couple est alternativement formé de gros et de petits cristaux. Les rangées de gros cristaux correspondent aux plaques des espaces interambulacraires, et celles des petits aux plaques des ambulacres eux-mêmes. Ces cristaux ne sont pas toujours simples; il y en a de groupés parallèlement à l'axe principal du cristal, de telle sorte qu'à chaque plaque correspond un ou plusieurs cristaux. Quelquefois cet effet ne se produit que sur une portion du test. Nous l'avons signalé sur de petits Diadèmes de l'oolithe inférieure et des *Pygaulus* du quatrième étage crétacé du sud-ouest (1). M. Weiss a mentionné aussi des Ananchytes et des Spatangues présentant des cristaux sur chaque plaque au dedans et au dehors, et un remplissage ultérieur par de la silice (2).

Dans la formation crétacée et particulièrement dans la craie blanche, les *Micraster*, les Ananchytes, les Galérites, etc., ont été fort exactement moulés par la matière siliceuse ou silex pyromaque si répandu dans la masse calcaire. Cette matière s'est introduite le plus ordinairement dans la coque de l'Oursin par ses orifices naturels, sans laisser de trace à l'extérieur sur le pourtour du test, si ce n'est quelquefois un bourrelet près de la bouche ou de l'anus; aussi ne se rend-on pas bien compte pourquoi la silice, probablement à l'état d'hydrate, ne s'est pas répandue davantage autour du test, si ce n'est parce qu'il était complétement enveloppé par la roche et que sa

(1) D'Archiac, *Bull. Soc. géol. de France*, 1re série, vol. XII, p. 145; 1841.
(2) *Arch. de Karsten*, vol. IX, cah. 1. — *Biblioth. univ. de Genève*, vol. VI, p. 185.

cavité était le seul vide offert à la silice. S'il en a été ainsi, l'arrivée de cette dernière serait tout à fait postérieure à l'enfouissement de la coque de l'Oursin, et l'on ne comprendrait pas alors pourquoi cette coque n'aurait pas été plus souvent remplie par la matière même de la roche.

La silice, à l'état de calcédoine et d'orbicules, a aussi remplacé plus ou moins complétement le test des échinides par le procédé que nous avons vu appliqué aux coquilles et en vertu des mêmes forces naturelles. Si l'on plonge dans un acide étendu un *Cidaris* ou un *Salenia* de la craie de Talmont, par exemple, pour en enlever le calcaire, il restera un squelette siliceux plus ou moins complet, suivant l'état plus ou moins avancé de la substitution et qui mettra dans tout son jour le mode de développement des orbicules aux dépens du test calcaire. On remarquera qu'ici le moule intérieur est formé par la matière de la roche environnante, qui est un calcaire marneux sans rognons de silex.

Tous les moules siliceux d'échinides que l'on rencontre sans être accompagnés de leur test ont dû en être privés par suite de frottements ou d'une destruction mécanique. En place dans la roche, ils en sont presque toujours pourvus. Dans quelques cas très-rares cependant, où le test a disparu, on remarque que la silice s'était infiltrée dans les interstices des plaques; alors, après la disparition de celles-ci, le moule se trouve enveloppé d'une sorte de réseau, de linéaments siliceux, figurant des hexagones plus ou moins réguliers et inégaux. C'est ce que les anciens oryctognostes appelaient des *Échinites à cellules d'abeilles*.

Stellérides. Les pièces solides ou osselets qui garnissent les rayons et consolident le corps des Astéries étant reliées entre elles par une bien plus grande quantité de fibres, de muscles et de membranes que celles du test des Oursins, on conçoit qu'à l'état fossile il est très-rare de les trouver réunies. Les osselets isolés d'Astéries et des genres voisins sont au contraire assez communs dans les terrains tertiaire et secondaire. Une assise puissante et fort étendue dans le bassin de la Gironde, par exemple, a même été désignée sous le nom de *calcaire à Astéries*.

Quant aux crinoïdes, qui ont joué un si grand rôle pendant les époques de transition et secondaire, qui sont à peine représentés pendant l'époque tertiaire et moins encore dans la nature actuelle, on conçoit que, d'après la solidité et l'ajustement si exact de leurs pièces calcaires, leur conservation devait être assurée dans la plupart des cas. Aussi en retrouve-t-on des portions très-complètes, soit la tête munie de ses digitations et ramifications infinies, soit la tige ou même l'empâtement de la base et des racines sur la roche où elle était fixée. Les articulations détachées des bras et des tiges, *Entroques* ou *Trochites* des anciens oryctognostes, sont disséminées avec une extrême profusion dans certaines couches : tel est le calcaire noir carbonifère de Belgique, appelé *petit granite*, l'oolithe inférieure de la côte d'Or, désignée sous le nom de *calcaire à Entroques*, etc. Quelques Sphéronites siluriennes des environs de Saint-Pétersbourg offrent un test spathique presque limpide et divisé dans le sens de son épaisseur en prismes à 6 pans, ayant pour base les plaques hexagonales extérieures dont les caractères organiques ont persisté. Crinoïdes.

Lorsque le test a été dissous, il reste dans la roche des empreintes faciles à reconnaître, surtout celles des faces glénoïdales des articulations présentant alors, comme dans les Pentacrines, une étoile à cinq branches, avec un trou au centre, et dont chaque rayon, strié sur ses bords, a une forme plus ou moins ovalaire, ou bien, comme dans les Apiocrinites, les Rhodocrinites, etc., un disque couvert de stries fines rayonnantes autour d'un point central qui représente l'axe de la tige.

Dans certaines couches argileuses et marneuses, du lias, par exemple, de Lyme-Regis (Dorsetshire) et de Boll (Wurtemberg), les restes de crinoïdes ont exercé une puissante attraction sur le sulfure de fer (pyrite jaune ou cubique), qui s'est déposé, avec une exactitude et une délicatesse extrêmes, sur tous les fragments organiques disséminés dans la roche, sans jamais s'étendre dans celle-ci. Ainsi, des millions d'articulations de Pentacrines, que l'on peut compter sur la grande plaque du lias supérieur de Boll, récemment placée dans les galeries du Mu-

séum, on n'en voit pas une seule, quelque petite qu'elle soit, qui n'ait été recouverte de fer sulfuré, lequel ne la déborde jamais.

Les Apiocrinites du coral-rag de la Rochelle présentent, dans toutes leurs parties, une teinte violette très-prononcée. La matière colorante, étudiée par M. Fremy, est de nature organique, contient de l'azote, et vue sous le microscope, après avoir été isolée de la masse par les acides, offre une véritable structure organisée.

Polypiers. Les polypiers calcaires, soit simples, soit composés, sont les restes de corps organisés, qui devaient, toutes choses égales d'ailleurs, très-bien résister à l'action des causes extérieures. La plupart, étant fixés, se trouvaient soustraits aux chocs ou au transport par les vagues, et ils ont dû, comme ceux de nos jours, constituer des masses solides durant leur vie. Pendant certaines périodes et dans certaines localités, on observe des masses de polypiers assez semblables aux îles et aux récifs de coraux de nos mers. Le coral-rag de l'est de la France et du Jura en offre des exemples; néanmoins ceux-ci ne sont pas aussi fréquents qu'on aurait pu s'y attendre, à moins de supposer que, dans beaucoup de cas, les caractères des roches aient disparu, comme nous savons que cela a lieu même dans les masses coralligènes de la Polynésie.

Les polypiers ont été d'ailleurs soumis, comme les autres corps, à des causes de dissolution, de moulage partiel ou total de leurs vides, de silicification des parties solides par les mêmes agents et les mêmes procédés que les coquilles et les radiaires; mais nous ne voyons pas qu'ils aient exercé aucune action sur la précipitation du fer sulfuré avec lequel ils ne semblent être nulle part en relation directe.

On savait, depuis les recherches d'Hatchett (1), que les polypiers consistaient principalement en carbonate de chaux imprégné ou plutôt compris dans les mailles d'un réseau organique conservant la forme générale du corps après la dis-

(1) *Philos. Transact.*, vol. XVII.

solution du carbonate de chaux dans un acide, et que par une opération inverse la matière organique disparaît dans la fossilisation et laisse un squelette calcaire que l'on appelle vulgairement le *polypier*. D'après les observations plus récentes de M. Silliman, on voit que ces mêmes polypiers vivants renferment 97 à 98 0/0 de carbonate de chaux et 2 à 3 0/0 de magnésie, de fer, de silice, d'acide phosphorique et de fluor.

Les axes calcaires de Pennatules renferment, suivant M. Fremy (1) :

Phosphate de chaux	23,70	16,00
Carbonate de chaux	44,26	53,57
Matière organique soluble dans les acides	15,64	19,33
—— insoluble	16,40	11,10
	100,00	100,00

Quatre espèces de Pennatules ont donné des quantités de cendres variant de 31,2 à 48 0/0. Ces axes calcaires offrent donc une certaine analogie avec la substance osseuse, contenant une partie organique et une partie calcaire composée de phosphate et de carbonate de chaux; mais cette dernière substance est plus abondante que dans les os, la matière organique n'a point les caractères de l'osséine, et le phosphate de chaux, en moindre proportion que dans les vertébrés, différencie cependant ces corps des polypiers. A l'état fossile, nous ne connaissons point d'axes de Pennatules proprement dits; mais d'autres assez voisins, que nous avons décrits sous le nom de *Virgularia incerta*, et dont on a fait ensuite le genre *Graphularia*, sont assez fréquents dans les couches nummulitiques de Biarritz, du département de l'Ariége, des environs de Castellane, dans le calcaire grossier de Paris et l'argile de Londres. Leur structure fibreuse rayonnée et leur parfaite conservation dans ces diverses localités peuvent faire supposer que leur inaltérabilité tient à une composition qui se rapprocherait de l'analyse précédente.

Les suivantes sont dues à M. Mérat-Guillot, qui a trouvé dans le corail rouge des carbonates de chaux et de magnésie, réunis,

(1) *Loc. cit.*, p. 291.

disent MM. Pelouze et Fremy, par un centième environ de matière animale et colorés en rouge par une substance peu connue.

CORAIL ROUGE.

Carbonate calcaire	53,50
Matière organique	0,50
Eau et perte	46,00
	100,00

CORAIL BLANC (OCULINE).

Carbonate de chaux	50,00
Matière organique	1,50
Eau et perte	48,50
	100,00

CORALLINE ARTICULÉE.

Carbonate de chaux	49,00
Matière organique	7,50
Eau et perte	43,50
	100,00

Vauquelin avait trouvé que la matière colorante rouge de certains Madrépores devient violette sous l'influence des alcalis.

Les tiges cornées des Gorgones (*G. setosa*) ont donné une grande quantité d'alumine, de l'acide phosphorique, un peu de carbonate de chaux et 93 0/0 de matière animale; aussi conçoit-on que les Gorgones (1), les Isis et autres lithophytes d'apparence plus ou moins cornée, n'ont guère de représentants à l'état fossile, tandis que tous les spongiaires, dans lesquels existaient des spicules siliceuses, ont pu donner lieu à des masses formant pour la silice comme des centres d'attraction et dont les intervalles ont été remplis par la matière de la roche.

(1) Cependant, suivant M. Fremy (*loc. cit.*, 94), la matière organique de l'axe des Gorgones aurait une grande analogie avec la *conchioline*, substance remarquable par son inaltérabilité.

Enfin les rhizopodes calcaires et les polycistinées siliceuses, constituant des masses considérables par leur prodigieuse fécondité, ont pu, à raison de leur extrême petitesse, être conservés dans un grand nombre de circonstances, et par un examen attentif des roches on peut encore les étudier toutes les fois que ces dernières n'ont pas été trop altérées ou modifiées elles-mêmes. Rhizopodes polycistinées

Les éléments constituants des diatomacées, aujourd'hui rangées dans le règne végétal, paraissent être principalement le carbone, la silice, la chaux et le fer, puis des traces d'alumine et de magnésie. Cette dernière substance et d'autres encore y sont d'ailleurs à l'état de mélange mécanique. La quantité du fer est quelquefois très-considérable, comme on l'a vu ; il n'est d'ailleurs jamais uni à la chaux, mais à la silice, et plutôt encore mécaniquement que chimiquement. Suivant M. Ehrenberg (1) cette association serait due à une action organique qui aurait déposé le métal dans les cellules d'un réseau siliceux. Les détails dans lesquels nous sommes entré relativement aux organismes inférieurs (*antè*, p. 354) nous dispensent de nous étendre ici davantage à leur égard. Diatomacées.

Appendice.

Dans les roches anciennes schisteuses, arénacées, désignées généralement sous le nom de grauwacke, et dans des schistes purement argileux, on observe fréquemment que les moules et les empreintes, surtout des brachiopodes qui y sont le plus répandus, sont plus ou moins déformés, aplatis, allongés, ou comme étirés dans un sens ou dans l'autre, repliés, raccourcis de diverses manières, et rendus ainsi dissymétriques et souvent indéterminables. Ces effets sont dus à des mouvements ou tassements opérés dans la roche, aux divers clivages qui s'y sont Déformation des fossiles.

(1) Académie de Berlin ; mars-mai 1843.

produits et qui nous sont ainsi exprimés par l'irrégularité de ces corps.

Ces effets, très-variés, et qui ont été étudiés particulièrement au point de vue mécanique par M. D. Sharpe (1) dans les roches du Pays de Galles, doivent être postérieurs à la disparition du test des coquilles, qui n'aurait pas pu se prêter à ces déformations sans se briser, et cette disparition elle-même a dû aussi précéder la consolidation dernière de la roche. En outre, les clivages ont dû se produire encore avant cette consolidation, sans quoi les moules et les empreintes, au lieu d'être déformés et d'offrir l'aspect d'une action mécanique exercée sur une substance plus ou moins plastique, seraient rompus et brisés comme l'auraient été les coquilles elles-mêmes, de sorte que l'endurcissement de la roche est le dernier phénomène survenu dans l'état de ces anciennes masses sédimentaires, et c'est ainsi que celui des fossiles peut nous éclairer sur la succession des phénomènes physiques qui se sont produits dans les roches.

Fossiles des roches métamorphiques. Les phénomènes chimiques et physiques qui ont concouru au métamorphisme des couches jusqu'à un certain degré n'en ont pas toujours pour cela fait disparaître les traces de corps organisés, et il n'est pas rare d'en rencontrer de très-reconnaissables dans des roches qui ont été modifiées au point que des substances minérales s'y sont développées depuis leur dépôt. M. J. J. Bigsby (2) a réuni sur ce sujet des documents authentiques provenant des systèmes carbonifère, dévonien et silurien des diverses parties du globe, et de 64 exemples cités il conclu que les effets du métamorphisme laissent, dans beaucoup de cas, distinguer les caractères des débris organiques.

On conçoit qu'ici le résultat dépend de l'intensité et de la cause des phénomènes, et que les roches en question n'ont perdu aucun de leurs caractères sédimentaires essentiels. Elles

(1) *Quart. Journ. geol. Soc. of London;* vol. III, p. 74, 1847. — V. p. 111, 1849.— *Philos. Transact.* 1852, p. 445.

(2) *On the organic contents of the older metamorphic rocks* (*Edinb. new Phil. Journ.*, N. S.; avril 1863.)

ont été endurcies, décolorées, quelques substances minérales s'y sont développées sous diverses influences (mica, talc, feldspath albite, macles, analcime, grenat, épidote, fer magnétique, etc.); mais tant qu'il n'y a pas eu dans l'arrangement des molécules de la masse de changements ou de déplacements tels, que la structure générale a pu persister, on conçoit qu'il n'y a pas de raison pour que les traces des fossiles aient complétement disparu. Mais si le métamorphisme a été jusqu'à produire des micaschistes ou des gneiss, on ne doit plus alors s'attendre à en trouver.

Fossiles des roches altérées et des roches compactes.

Lorsqu'une roche est très-dure, tenace, compacte ou subcompacte, d'une teinte foncée, et que les divers éléments qui la composent, argileux, siliceux et calcaires, sont liés et confondus, la cassure n'y révèle pas toujours la présence des fossiles et encore moins leurs caractères; mais il arrive souvent alors que les surfaces de la roche exposées depuis longtemps à l'action de l'atmosphère accusent la présence des corps organisés. Les éléments hétérogènes de la pierre, plus facilement altérables que les fossiles, sont détruits, et ces derniers se détachent en relief sur le fond.

Pour reconnaître les fossiles des roches très-compactes d'où l'on ne peut les extraire mécaniquement, il faut faire subir à celles-ci un poli aussi parfait que leur texture et leur solidité le permettent, et, en humectant ces surfaces polies, on parvient à distinguer tous les caractères organiques qui n'ont pas été détruits par la fossilisation. C'est ainsi qu'il y a peu de marbres ou de calcaires compactes, sub-compactes ou cristallins provenant des divers terrains qui, examinés attentivement, ne montrent des corps organisés (polypiers, radiaires ou coquilles) dont les coupes se détachent en clair ou quelquefois en foncé sur le fond de la roche gris, jaune, rouge, violet, etc., et qui sans ce poli resteraient inaperçus.

Fossiles dans des rognons marneux.

Dans certaines couches argileuses et marneuses, particulièrement du lias et du terrain houiller, les corps organisés, animaux et végétaux, semblent avoir servi de centre d'attraction pour la formation de nodules arrondis, déprimés, ellipsoïdaux,

marneux, ferrugineux ou en fer carbonaté impur, dont la cassure dans le sens du grand axe met à découvert le fossile (Ammonite, poisson, etc.); tels sont les nodules en fer carbonaté lithoïde de l'Oxford-clay de la Voulte (Ardèche). Lorsque l'argile a éprouvé un retrait à l'intérieur, la partie centrale du nodule et le fossile lui-même ont été fendillés en tous sens, comme les *septaria* de l'argile de Londres, les plus grandes fentes étant au centre des nodules, et les autres devenant d'autant plus délicates et plus espacées qu'elles sont plus voisines de la circonférence, sans toutefois l'atteindre jamais. Souvent ensuite toutes ces fissures de retrait, jusqu'à celles dont la largeur est moindre que l'épaisseur d'un cheveu, ont été remplies par de la chaux carbonatée d'un blanc pur, sans qu'on puisse apercevoir par où elle a pu pénétrer du dehors et ne laisser aucune trace de son passage (nodules de fer carbonaté, lithoïde et argileux du terrain houiller de Berschweiler renfermant des *Amblypterus eurypterygius*). Les nodules des grès déconiens de Banff, en Écosse, renferment également des poissons.

Empreintes physiques.

De même que nous avons appelé *empreintes physiologiques* les traces de pas d'animaux laissées sur le sable ou la vase humide, et qui nous ont été transmises à travers les siècles, de même nous désignerons par l'expression d'*empreintes physiques* celles qui sont dues à des effets ou à des causes physiques ou mécaniques, et dans lesquelles les phénomènes organiques n'entrent pour rien. Ce sont les gouttes de pluie (*rain drops*), les rides laissées sur le littoral par le mouvement des vagues (*rippls marks*) et les *stylolithes*.

Gouttes de pluie.

Lorsqu'une pluie, dont les gouttes sont assez fortes et bien distinctes, tombe accidentellement sur une surface unie de sable, de vase sableuse ou même de poussière, elle y forme des empreintes en creux arrondies qui peuvent être préservées ensuite, comme les pas d'animaux dont nous avons parlé, si cette surface vient à être immédiatement recouverte par une couche de sable humide. Par suite de l'endurcissement ultérieur et de la dessiccation de ces couches, on conçoit que ces empreintes

pourront se conserver indéfiniment. Des traces semblables, dues à cette cause, ont été d'abord constatées par MM. Ch. Lyell et Dawson sur des schistes carbonifères du cap Breton (Nouvelle-Écosse). On en a observé depuis sur des plaques de grès de divers terrains, qui formaient les plages de sable de ces mers anciennes. Comme toutes les empreintes analogues, elles se présentent en creux sur la dalle inférieure et en relief sur celle qui la recouvre. La forme de ces empreintes, désignées par les géologues anglais sous le nom de *rain drops*, permet encore de déterminer si la pluie qui les a formées est tombée par un temps calme ou bien était chassée obliquement par le vent dans telle ou telle direction.

Rides marines *ripples marks.*

On conçoit également que les rides ondulées, que le mouvement des vagues détermine sur un fond de sable submergé et à la surface unie des plages de sables sur lesquelles elles viennent expirer, peuvent être conservées par la même cause. Aussi en observe-t-on à la surface des dalles de grès ou des roches arénacées de divers âges lorsqu'elles se délitent en dalles.

Stylolithes.

Enfin, dans les calcaires compactes ou marneux à pâte fine soit jurassiques, soit crétacés, on a observé depuis longtemps de petites portions de la roche présentant des stries fines droites, parallèles, très-rapprochées, ordinairement perpendiculaires au plan des couches, et auxquelles on a donné en Allemagne le nom de *stylolithes*, en leur attribuant une certaine importance, parce qu'on leur croyait une origine organique. Mais ce sont simplement de petites surfaces de frottement occasionnées par des tassements effectués dans diverses parties de la masse. On les rencontre non-seulement dans la roche, mais encore à la surface des moules de fossiles qui ont été soumis à des frottements partiels dus à la même cause.

§ 5. Végétaux.

La conservation des restes de végétaux à l'état fossile est soumise aux mêmes lois générales que celle des restes d'ani-

maux; mais leur composition différente, et surtout l'absence de matières solides pierreuses constituant ou les éléments d'un squelette intérieur ou ceux d'une enveloppe extérieure simple ou complexe, font que cette conservation n'a pu avoir lieu que dans des circonstances pour ainsi dire exceptionnelles. Elle a aussi produit des résultats fort différents, suivant ces mêmes circonstances; ainsi, ce n'est pas leur grand nombre ni leur accumulation qui ont été le plus favorables à la conservation de leurs caractères, car alors leur altération a été au contraire plus ou moins complète et a donné lieu à de la houille, du lignite, de la tourbe, etc., substances dont on peut reconnaître l'origine végétale, mais dans lesquelles les distinctions spécifiques et même génériques sont effacées. Ce sont donc encore les troncs isolés ou les empreintes des tiges et des feuilles comprises entre des couches d'argile, de marne, quelquefois de calcaire et de grès, qui peuvent le mieux nous instruire sur les caractères des flores anciennes.

Les empreintes végétales sont d'autant plus parfaites que la matière qui les a reçues était plus homogène, à grain plus fin et plus plastique. Aussi celles qui se trouvent en si grande quantité dans les argiles schisteuses du terrain houiller nous ont-elles transmis les caractères les plus délicats du réseau vasculaire et des nervures avec une perfection et une exactitude que n'atteindraient ni la gravure ni le pinceau le plus habile. Les empreintes laissées dans des marnes, des calcaires et des grès sont beaucoup moins complètes. Dans aucun cas la matière verte ou chlorophylle n'a persisté; souvent ces empreintes sont colorées en noir par un reste de matière charbonneuse. Dans les calcaires et les grès, elles affectent une teinte brune ou jaunâtre due à une infiltration d'hydrate de fer.

Dans les argiles schisteuses du terrain houiller, l'extrême finesse de la pâte a permis que la partie inférieure, plus spongieuse, des feuilles de fougères, en fût en quelque sorte imprégnée; elle a ainsi concouru à l'intégrité de la conservation du parenchyme, l'a consolidé, et toute la substance de la lame s'est trouvée comme pétrifiée en conservant ses caractères. Aussi,

dans la cassure, les feuillets de ces schistes montrent-ils l'empreinte des feuilles en creux sur l'un des côtés et en relief sur l'autre.

Les empreintes de plantes peuvent être encore représentées par du fer sulfuré ou toute autre substance apportée en dissolution dans les interstices de la roche.

Les feuilles des plantes ligneuses monocotylédones et dicotylédones sont, on le conçoit à cause de leur solidité, celles qui ont laissé le plus fréquemment leurs traces dans les couches de vase endurcie, d'argile, de calcaire marneux ou de sable. Les feuilles de cryptogames vasculaires des temps anciens sont dans le même cas.

Les tiges et les branches de ces mêmes plantes ont été soumises à d'autres procédés de conservation. Lorsque aucune circonstance accidentelle ne survient, l'altération du bois, si elle se produit au contact de l'air, donne lieu à du terreau par suite du dégagement des gaz; si elle se produit, au contraire, à l'abri de ce contact, la réaction des principes que ces bois renferment peut les faire passer à l'état de jayet ou de matière charbonneuse, sèche, plus ou moins compacte, fragile, dans laquelle le tissu organique tend à disparaître à raison de son degré d'altération.

Quelquefois, et par des moyens qui sont encore peu connus, le bois du tronc a été détruit, a disparu, l'écorce seule a persisté et le cylindre creux qui en est résulté a été rempli par du sable, de la vase et autres sédiments qui s'y sont moulés et consolidés comme dans l'intérieur d'une coquille. Des tiges de monocotylédones ont été partiellement conservées ainsi (Voyez *antè*, Ire partie, p. 324).

Mais, dans ces différents cas, la structure interne des végétaux a presque entièrement disparu, et, pour nous permettre d'en juger, il a fallu que la nature employât un autre procédé, celui de la *pétrification* proprement dite, c'est-à-dire du remplacement des molécules organiques des tissus et des vaisseaux par une substance inorganique stable, de telle sorte que les apparences et la disposition de ces mêmes tissus et vaisseaux

fussent maintenues et qu'il n'y eût de changé que la matière qui les constituait.

Ce sont le carbonate de chaux et surtout la silice auxquels ces fonctions conservatrices étaient particulièrement réservées; le fer sulfuré, le fer carbonaté, le cuivre et quelques autres substances métalliques solubles ont concouru à ces effets de minéralisation.

La pétrification, phénomène dont nous nous rendons compte plutôt d'une manière abstraite que pour en avoir observé directement la marche, suppose le corps organisé en contact avec une dissolution de silice, de calcaire, de fer sulfuré, etc. Elle suppose aussi qu'à mesure qu'une molécule organique altérée passe à l'état fluide ou gazeux, elle est remplacée par une molécule de la substance en dissolution et ainsi de suite, de manière que l'arrangement des nouvelles molécules soit exactement calqué sur celui des anciennes. Elles se trouvent alors colorées par quelques restes de celles-ci ou par d'autres substances également en dissolution. Les fruits du *Nepadites ellipticus*, et d'autres voisins des Cocotiers et des *Pandanus*, sont ainsi trouvés changés en fer sulfuré dans les argiles tertiaires de l'île de Sheppey; les graines de *Chara*, des dépôts lacustres des environs de Paris, sont changées en silice ou en calcaire.

Diverses recherches ont été faites sur les procédés de la minéralisation des végétaux. Ainsi M. Gœppert, l'un des botanistes de nos jours qui se sont le plus occupés des plantes fossiles, ayant placé diverses substances animales et végétales dans des eaux contenant en dissolution tantôt de la silice, tantôt du calcaire, tantôt des matières métalliques, a observé qu'au bout de quelques jours ces substances étaient en partie minéralisées. Des plaques minces de sapin, mises dans une dissolution de sulfate de fer, puis exposées à une température élevée pour brûler toute la matière végétale, ont présenté, sous la lentille du microscope, toute l'organisation du tissu ligneux reproduite par le sel de fer.

Mais dans cette expérience il semble que la substance végétale a été imprégnée par la dissolution métallique qui s'est in-

troduite dans les vaisseaux du bois, en a rempli tous les vides, et les parties solides réduites en charbon n'ont pas été remplacées. Ce n'est donc pas le procédé de la pétrification absolue.

D'autres expériences, faites sur des matières animales, ont montré comment des eaux minérales, chargées de sulfate de fer, peuvent se désoxyder lorsqu'elles sont en contact avec ces matières en décomposition et la pyrite remplacer l'oxygène, l'hydrogène et le carbone.

Les eaux de source, et surtout les eaux thermales, contiennent toujours une certaine quantité de carbonate de chaux, de silice, de potasse ou d'autres substances terreuses ou métalliques ; on peut donc présumer que c'est au voisinage d'eaux semblables que les résultats précédents peuvent être attribués, c'est-à-dire la substitution d'une matière tout à fait inorganique à celles qui constituent les corps organisés, toujours plus ou moins susceptibles de décomposition.

La pétrification ou minéralisation d'un corps ne s'opère point d'ailleurs dans toutes ses parties en même temps ni suivant leur degré d'altérabilité. Ainsi, dans des tiges de Palmier on trouve le tissu cellulaire parfaitement conservé, tandis que toute trace des fibres solides du bois a disparu, et les espaces qu'elles occupaient sont restés vides ou bien ont été remplis par de la silice. Dans d'autres cas, le contraire est arrivé ; les faisceaux fibreux sont conservés et le tissu cellulaire a disparu. Enfin, les uns et les autres peuvent avoir été pétrifiés. Dans les bois dicotylédones, les fibres longitudinales peuvent être pétrifiées sans que les rayons médullaires le soient. Les portions silicifiées sont souvent linéaires et dans le sens du bois, ou bien elles se renflent vers la partie médiane.

Suivant M. Ch. Stokes (1), le procédé de la pétrification est successif. Les tiges herbacées peuvent quelquefois offrir les caractères de la silicification des bois. Souvent les vides laissés dans les bois partiellement silicifiés sont tapissés de cristaux de

(1) *Transact. geol. Soc. of London*, vol. V, p. 207 ; 1836.— *Proceed.*, *id.*, vol. II, p. 418.

quartz hyalin parfaitement limpide entourés de matière charbonneuse, laquelle n'a dû prendre cet état qu'après l'introduction de la silice, puisque ces cristaux ne renferment point de traces de cette poussière noire qui les entoure.

Des observations intéressantes ont été faites par les auteurs de la *Géologie de la Russie d'Europe* (1) sur les relations des végétaux silicifiés avec la présence des minerais de cuivre dans les dépôts permiens. On voit quelquefois le minerai répandu dans tous les fibres des bois silicifiés ; ailleurs il se continue à travers les feuilles enfouies dans le sable, le grès ou la marne, et là où il traverse les fibres charbonneuses il est ordinairement à l'état de carbonate bleu. La présence de sels de cuivre dans les végétaux d'un marais tourbeux du pays de Galles peut servir à expliquer la manière dont se sont déposés ceux du système permien de la Russie.

Dans une couche de terre, la plus inférieure du groupe de Purbeck, et reposant directement sur la pierre de Portland, dans l'île de ce nom, sont des troncs d'arbres silicifiés à l'intérieur et dont l'écorce est à l'état de charbon. Ces troncs renversés, brisés, mais pourvus de leurs racines, sont certainement à la place où ils ont vécu ; la terre qui les entoure ne renferme point de silice, et M. Triger (2) suppose que la pétrification a dû avoir lieu avant la formation du dépôt qui les recouvre. Mais cette silicification du bois s'observe surtout en grand aux environs de Pondichéry (3), dans des grès tertiaires ferrugineux, sur beaucoup de points des déserts sableux de l'Égypte et de la Libye et particulièrement sur la route du Caire à Suez, à 7 milles à l'est de la première de ces villes, à l'endroit appelé la *forêt pétrifiée* (4). Les couches secondaires qui flanquent à l'ouest les Montagnes-Rocheuses du nouveau Mexique en renferment aussi une prodigieuse quantité.

(1) In-4°, p. 154 et 169, par MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling.
(2) *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XII, p. 723 ; 1855.
(3) *Histoire des progrès de la géologie*, vol. II, p. 991 ; 1849.
(4) *Ibid.*, p. 1001.

De ce que certaines plantes et surtout des monocotylédones (graminées, etc.) renferment un peu de silice dans leur constitution normale, on ne peut pas en conclure, comme quelques personnes l'ont suggéré, que la silicification de ces bois a eu lieu pendant que les arbres végétaient. Une solution de silice assez abondante pour produire un pareil effet, soit brusquement, soit graduellement, eût obstrué les vaisseaux, empêché toute circulation des fluides nourriciers et amené promptement la mort. Ce qui est plus probable, c'est que la précipitation de la silice de sa dissolution dans les eaux environnantes a pu être déterminée par les acides végétaux que développait la décomposition de ces derniers dans certaines circonstances données.

Le temps nécessaire à la pétrification ou silicification complète d'un tronc n'est pas connu, mais il semble devoir être très-variable, suivant les diverses circonstances qui accompagnent le phénomène, et, de ce que les piliers en bois d'un pont sur le Danube, dont on attribue la construction à Trajan, ne sont trouvés silicifiés, après 1700 ans, que sur une épaisseur de 6 lignes tout autour, tandis qu'ils n'avaient point été modifiés vers le centre, il ne s'ensuit pas nécessairement que ce laps de temps soit toujours nécessaire pour un tel résultat (1); on pourrait même dire, *à priori*, qu'il n'en doit pas être ainsi, car la plupart des bois seraient détruits avant que l'action minéralisante les eût préservés.

Le carbonate de chaux peut aussi remplacer de la même manière les tissus végétaux. M. Stokes cite un morceau de bois de Hêtre, trouvé dans un aqueduc romain, à Eilsen, dans la principauté de Lippe-Buckeberg, où le carbonate de chaux a été substitué à la matière ligneuse. Une coupe transverse montre ces parties pierreuses irrégulièrement circulaires, d'une ligne et demie de diamètre. Elles se prolongent dans toute la longueur du morceau, soit d'une manière continue, soit sous forme de chapelet. On peut reconnaître les vaisseaux dans la

(1) Knorr, *Recueil des monuments*, etc., vol. I, p. 4.

matière calcaire et même plus distinctement que dans les parties non pétrifiées et préservées de l'altération qui a affecté les autres. Elles ne contiennent plus d'ailleurs que 9 0/0 de substance organique, le reste étant du carbonate de chaux. Ces résultats sont également donnés par la substitution de la silice. Dans les houillères de Saint-Berain (Saône-et-Loire), des tiges de Calamites plus ou moins aplaties sont changées en fer carbonaté lithoïdé, ou ont été pénétrées de cette substance, car le poli met à découvert les fibres de ces végétaux. Dans les lignites de Sars-Poterie (Nord) des bois sont changés partie en fer sulfuré, partie en silice. Enfin des bois travaillés, trouvés près du temple de Janus, à Autun, et attribués à l'époque romaine, étaient en partie pétrifiés et incrustés de carbonate de chaux.

La pétrification proprement dite semble donc s'exercer en même temps sur un certain nombre de points isolés; elle s'arrête ensuite, et les parties du végétal qui n'ont pas été soumises à son action jusqu'à un certain point se détruisent. Le phénomène est en quelque sorte sporadique et n'est pas comparable à la silicification par les orbicules siliceux; il résulte d'un dépôt local de silice apportée à l'état de solution, tandis que dans les orbicules il y a un envahissement graduel de toutes les parties d'un corps organisé; c'est, comme nous l'avons fait voir (*antè* p. 486), une sorte de végétation parasite se développant à l'intérieur même du corps qui finit par le déformer et le rendre méconnaissable, en détruisant peu à peu tous ses caractères organiques. Il y a donc, dans ces deux résultats de fossilisation opérée par la silice, les différences les plus complètes, car l'un conserve et l'autre détruit.

Quelquefois les dimensions des parties pétrifiées sont les mêmes dans les deux sens de la coupe. Dans d'autres circonstances, le centre du morceau de bois est complétement pétrifié et les rayons médullaires s'y continuent, sans cependant avoir changé de nature. M. Stokes pense que les vaisseaux ont certainement servi à conduire le suc lapidifique, puisque celui-ci en suit les sinuosités. Pour l'auteur, la pétrification n'est pas le résultat d'une altération des tissus, car ceux-ci se montrent

dans un état d'autant plus parfait que la pétrification est plus complète, et cette dernière aurait précédé toute altération de ces mêmes tissus. D'après cette manière de voir, ce ne serait encore que l'imprégnation dont nous parlions tout à l'heure ; toute la matière végétale des tissus et des vaisseaux doit subsister ; les vides seuls occupés par les fluides et les gaz auraient été remplis.

On pourrait donc distinguer, dans la fossilisation par la silice, trois opérations très-différentes : l'*imprégnation* qui laisse persister la matière organique, la *substitution* par laquelle celle-ci est remplacée sans que tous les caractères organiques cessent d'être appréciables, l'*élimination* qui fait disparaître toute trace d'organisation en même temps que la matière organisée elle-même, et jusqu'à la forme du corps, qui devient méconnaissable. Nous ne connaissons encore ce dernier effet que sur certains produits calcaires des animaux invertébrés.

Les traces de Fougères qu'on observe dans les schistes houillers de la Tarentaise et particulièrement de Petit-Cœur sont en une substance blanche, à éclat nacré, rapportée à la nacrite. Nous ne sachions pas qu'aucune analyse ni recherches particulières aient été faites à son égard, et cependant il serait intéressant de connaître les causes de ce singulier métamorphisme, les schistes noirs, endurcis, un peu luisants, qui les renferment, n'ayant guère attiré l'attention que sous le rapport de leur âge si discuté et si peu discutable, à moins de nier le principe même de la science qui nous occupe.

Quoique les recherches de Walch datent de près d'un siècle, nous ne voyons pas qu'aucun auteur ait réuni un aussi grand nombre de faits relatifs à la pétrification ou fossilisation des végétaux. On peut encore aujourd'hui consulter sur ce sujet le commencement du tome I[er] et surtout le chapitre premier du tome III de son grand ouvrage dont les planches mêmes sont fort instructives (Voyez *antè*, 1[re] partie, p. 112).

Quant à ce que l'on appelle des *dendrites*, auxquelles les anciens oryctognostes attachaient une certaine importance, ce sont des infiltrations de manganèse ou de fer entre les pores, les fentes

ou les fissures naturelles de la roche et qui n'ont qu'une fausse apparence de végétation ressemblant plus ou moins à celle des mousses ou d'autres cryptogames, d'où le nom d'*Arborisations* qu'on leur a donné, parce qu'elles rappellent aussi l'aspect de forêts en miniature. Walch, qui connaissait très-bien leur véritable origine, n'en a pas moins jugé utile de donner un très-grand nombre de dessins qui sont les planches que Knorr avait fait exécuter avec beaucoup de soin, et qui ont été placées au commencement de leur ouvrage. Les *Dendrolithes* ou *Lithodendron* étaient les désignations particulières des bois pétrifiés, et les *Lithoxylon* étaient des fragments de bois pétrifiés.

Enfin les *Fucoïdes* sont des empreintes ou des traces végétales, en rameaux aplatis, souvent dichotomes, ne présentant, le plus ordinairement, aucun caractère suffisamment prononcé pour être reconnues même génériquement, ce qui n'a pas empêché, pendant 25 ans, bien des géologues de croire qu'ils avaient déterminé l'âge de certaines couches tertiaires, placées par eux dans la craie, par cela seul qu'ils y avaient observé des *Fucoïdes*.

Appendice.

Recherche de l'azote.

Dans ce qui précède, nous avons considéré les résultats de la fossilisation par rapport à la composition générale des corps organisés ; mais il était, on le conçoit, possible de n'envisager dans ces corps qu'un de leurs éléments constituants et de suivre ses modifications, et surtout la marche de son élimination dans les diverses circonstances de temps et de lieu auxquels ils ont été exposés. C'est en effet ce que M. Delesse (1) a exécuté pour l'azote, avec beaucoup de soin et de talent d'analyse, et nous reproduirons ici quelques-uns de ses résultats les plus essentiels

(1) *Recherches de l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre.* (*Ann. des mines*, 5e sér., vol. XVII, p. 151 ; 1860.)

qui se rapportent directement au sujet que nous venons de traiter dans ce chapitre.

L'osséine, qui donne de la gélatine par sa dissolution dans l'eau chaude, renferme 18 0/0 d'azote ou 54 millièmes, et elle entre elle-même pour 30 0/0 dans la composition normale des os en général. Dans ceux des oiseaux, elle peut descendre à 25 0/0, tandis qu'elle augmente beaucoup dans les os de poissons. Intimement unie au phosphate de chaux, elle est insoluble dans l'eau à froid et résiste longtemps aux agents de la fossilisation. Animaux.

M. Delesse, ne considérant que l'azote dans toutes ses analyses, exprime sa quantité en millièmes.

Ainsi le crâne humain fossile de la montagne volcanique de la Denise, près du Puy, renfermait 18,046 d'azote; les os humains de la caverne d'Aurignac, recueillis par M. Lartet, 13,63, c'est-à-dire plus que les ossements celtiques de Meudon, 11,14. Un os humain du tumulus de Panassac, qui ne remonte qu'à 900 ans, n'a présenté que 10,34 d'azote. Le test calcaire nacré d'*Unio* trouvé dans le voisinage avait été complétement dissous, ne laissant que l'épiderme noire intact par suite de sa composition différente. Dans un crâne humain du Brésil, trouvé dans un conglomérat coquillier marin, il n'y avait plus que 1,64 d'azote.

Dans les dépôts quaternaires, les résultats sont très-variables, suivant les circonstances et les localités. Ainsi, des os de Cheval, de Bœuf, de la brèche osseuse de Ver (Oise), ont donné 10 d'azote, tandis que des os de *Megatherium* n'en ont offert que 0,89, et des plaques de Glyptodon, 0,61. Des os de l'*Ursus spelæus* de la grotte d'Osselles (Doubs) ont donné 0,89, mais dans d'autres conditions ils ont offert à Marchand jusqu'à 16 0/0 de matières organiques.

Pour les os de Palæotherium tertiaire du gypse, la proportion d'azote s'est trouvée réduite à 0,41; pour ceux d'une Tortue tertiaire moyenne du département de l'Allier, à 0,35; pour ceux d'un Rhinocéros des faluns, à 0,19, et pour ceux d'Hipparion de Pikermi, près d'Athènes, à 0,12, quoiqu'il fût certainement moins ancien que tous les précédents. Des côtes de Lamantin

changées en phosphate de fer, et provenant des faluns, ont donné 0,21 d'azote, à peu près comme les os de Rhinocéros de la même localité; celles provenant des sables supérieurs de Jeurre, près d'Étampes, 0,12 seulement. Dans les os de sauriens jurassiques, la quantité ne dépasse pas 0,16.

Les dents contiennent moins de matière organique que les os. Ainsi une défense d'Éléphant vivant a présenté 35,71 d'azote; une d'Éléphant de Sibérie, 31,95, ou 89 0/0 de ce qu'il devait y avoir à l'état vivant; une dent d'*Hyæna spelæa* bien conservée, provenant d'une fente dans le calcaire grossier d'Anvers, 26,95; l'ivoire d'une molaire d'Éléphant de Sibérie, 15,95, et l'émail, 2,97.

Les dents de vertébrés des dépôts quaternaires des vallées contiennent beaucoup moins d'azote que celles des cavernes et des brèches osseuses. Des dents de *Carcharodon* des couches tertiaires de Malte en renfermaient 0,42; celles de la base du calcaire grossier, 0,16; une défense de Mastodonte de Sansan, 0,13, comme la partie éburnée d'une molaire du *M. angustidens* des sables tertiaires de la Garonne supérieure; d'autres ont donné 0,19, 0,14. Les défenses de proboscidiens des couches tertiaires moyennes du bassin de la Garonne sont bien conservées, dures, pesantes, tandis que celles des dépôts quaternaires sont blanches, légères, friables. Pour les défenses comme pour les dents, la quantité d'azote devient très-faible au-dessous du terrain quaternaire, restant inférieure à un demi-millième. Dans la couche à poissons (*bone bed*) de la base du lias d'Oberbronn, les dents ont donné 0,84.

Un bois de *Cervus megaceros* a encore offert 28,07 d'azote, tandis que celui d'un Cerf de la même époque n'en a plus donné que 0,51; la carapace d'une Tortue de l'étage des lignites, 0,33.

Dans les coprolithes, la quantité d'azote varie suivant les animaux qui les ont produits. Ceux des oiseaux aquatiques qui se nourrissent de poissons sont surtout riches en azote et en ammoniaque. Le guano du Pérou en contient jusqu'à 157,3. La moyenne de quatorze analyses de guano des îles Chincha,

dont nous avons déjà parlé (*antè*, p. 383), a présenté 142,90 d'azote. Il y en a 97,40 dans celui de la côte d'Afrique, et 50,50 dans celui de Chauve-Souris des grottes de l'Algérie. Les coprolithes d'Hyène de la brèche osseuse d'Auvers ont donné 2,10; celles du diluvium sableux de Ver (Oise), 0,86; des coprolithes des marnes supérieures du calcaire grossier de Passy ont présenté 0,73 ; celles de reptiles du tourtia de Tournay, 0,37 ; du muschelkalk de Chauffontaine, 0,33 ; des poissons du grès rouge d'Oberlangnau (Bohême) jusqu'à 16 et même 22, suivant M. Staneck, ce qui serait tout à fait exceptionnel.

La nature et le gisement des coprolithes, poursuit M. Delesse, font varier beaucoup l'azote qu'ils renferment ; mais généralement il diminue à mesure qu'on descend dans la série des terrains.

La chitine des crustacés et des insectes, substance si inaltérable, comme on l'a vu, ne renferme point d'azote (*antè*, p. 516).

Parmi les coquilles, la partie nacrée des Huîtres vivantes contient 2,2 de matière organique, la partie feuilletée extérieure, 6,27 et 4 millièmes d'azote. La partie nacrée résiste très-bien, comme on sait, à la fossilisation. Dans des Huîtres de l'argile de Kimmeridge, l'azote est réduit à 0,06 mill. et devient presque inappréciable dans des ostracées plus anciennes. L'encre de Sèche n'est point altérée, comme on sait, puisqu'on a pu employer encore celle du lias, qui a montré les mêmes propriétés que celle extraite des espèces vivantes, ce qui serait dû à sa grande richesse en carbone.

Végétaux.

(P. 221). On sait que les cryptogames les plus inférieurs renferment une grande quantité d'azote, se rapprochant même, sous ce rapport, dit M. Delesse, des matières animales. Ainsi le champignon comestible, *Agaricus campestris*, cultivé aux environs de Paris, donne jusqu'à 45 millièmes de ce gaz. Les conferves et certains végétaux microscopiques en donnent même davantage. Mais il y en a moins dans les cryptogames qui ont produit les combustibles fossiles. Parmi les plantes qui produi-

sent plus particulièrement la tourbe, l'une des mousses, *Hypnum triquetrum*, a présenté 7,44 d'azote; le Roseau, *Arundo phragnites*, 9,61. Les feuilles d'arbres dicotylédones en renferment plus que le bois; les feuilles de Chêne, 11,75; de Hêtre, 11,77; le bois de Chêne, 5,40, 6,87 et 7,40.

La densité des feuilles de fougères arborescentes est plus grande que celle du bois de nos climats, et la densité de leur bois peut devenir égale à celle de la houille. Les feuilles de fougères sont aussi riches en azote : 14,59 et 13,92, c'est-à-dire qu'elles en renferment davantage que nos arbres des forêts, tandis que leur ligneux n'en renferme que 1,77; dans les racines, il était de 6,26, proportion intermédiaire entre celle des feuilles et du ligneux. Les lycopodiacées de Taïti ont offert de 11 à 7 millièmes d'azote, et en ont ainsi autant que les mousses qui forment la tourbe.

L'azote tend à diminuer dans les combustibles des divers terrains en raison de leur âge; mais il y a beaucoup d'exceptions, dues à l'origine de la matière végétale. Ainsi les lignites formés par des bois en renferment moins que le charbon du terrain houiller. Dans ce dernier on en a constaté 12,50, 8,80, 4,10, et dans l'anthracite il y en a encore quelques millièmes. Les combustibles fossiles s'enrichissent de carbone avec l'âge et la fossilisation; la densité augmente également, tandis que l'oxygène, l'hydrogène et l'azote diminuent.

La quantité d'azote plus grande dans la tourbe, le lignite, et même la houille, que la moyenne des bois actuels, prouve que ces combustibles sont dus à des feuilles. Dans la houille et même dans l'anthracite il y en a plus que dans les bois des fougères arborescentes.

Le dosage de l'azote d'un combustible fossile pourrait donc jusqu'à un certain point indiquer son âge et son origine, malgré de nombreuses exceptions, et de même, chez les restes d'animaux, dans une classe donnée et dans des circonstances comparables, la diminution de l'azote est en raison du temps écoulé.

Le premier tableau que M. Delesse a placé à la fin de son

mémoire présente les résultats de 102 analyses de parties d'animaux et de végétaux, dont l'azote est exprimé en millièmes; sur ce nombre il y a 33 analyses d'os, 18 de dents, de défenses ou de bois de ruminants, 11 de coprolithes, 7 de mollusques et 33 de végétaux ou de combustibles fossiles.

FIN

DE LA SECONDE PARTIE.

SUPPLÉMENT DE LA PREMIÈRE PARTIE

RÉSUMÉ DES RECHERCHES

DE

M. J. SCHVARCZ

SUR LES CONNAISSANCES DES GRECS ET DES ROMAINS RELATIVEMENT A L'HISTOIRE DE LA TERRE.

Dans le premier chapitre de l'*Histoire de la Paléontologie*, nous nous sommes borné à reproduire très-sommairement quelques-unes des opinions des poëtes, des philosophes, des historiens, des naturalistes et des géographes de l'antiquité, sur l'origine du globe et sur celle des corps organisés fossiles ; nous ne voulions point, d'une part, répéter ce que divers auteurs, géologues et philologues, avaient déjà écrit de plus ou moins insuffisant sur ce sujet, et, de l'autre, le temps ne nous permettait pas de songer à un travail spécial, approfondi, reposant sur une étude préalable des sources authentiques. Mais ayant eu depuis lors connaissance des beaux travaux que M. J. Schvarcz avait entrepris dans cette direction et dont une partie venait d'être publiée en grec et en hongrois (1), nous priâmes ce jeune sa-

(1) *A Görögök geologiája jobb napjaikban,* « Géologie des Grecs pendant les périodes de leur plus grand éclat. » In-4° ; Pest, 1861. — Édition corrigée, *A Görög ódonság viszonya a földtan kérdéseihez,* « L'antiquité grecque dans ses rapports avec la géologie. » In-4° ; Pest, 1863. — *Földtani kisérletek a Hellénségnél nagy Sándor koraig,* « Sur les essais géologiques de l'antiquité grecque jusqu'à l'époque d'Alexandre le Grand. » vol. 1; Pest,

vant de vouloir bien combler cette lacune en extrayant de ses recherches dans les auteurs anciens ce qu'il avait trouvé de plus intéressant sur la cosmogonie, la géogénie, les fossiles et les divers sujets qui se rattachent à l'histoire physique de notre planète.

M. Schvarcz, pour répondre à notre désir, nous a adressé, à la fin de 1863, une suite de notes dont nous nous sommes empressé de profiter. Nous avons conservé nécessairement l'ordre chronologique et très-rationnel qu'il avait déjà suivi dans ses études, c'est-à-dire que nous traiterons successivement : 1° de la géologie chez les auteurs grecs avant l'époque d'Alexandre ; 2° pendant et après cette époque ; 3° chez les Romains. Le savant hongrois a bien voulu revoir lui-même les épreuves pour tout ce qui concernait les nombreuses citations dont seul il pouvait vérifier l'exactitude avec les textes des auteurs sous les yeux.

Ces recherches ne sont pas, comme on pourrait le croire au premier abord, chose futile ou de pure curiosité scientifique et historique ; pour qui veut y regarder de près, elles acquièrent un haut intérêt philosophique dans l'étude du développement comparatif ou de la marche de l'esprit humain chez les nations les plus éclairées à des époques différentes. Pour suivre la pensée que nous avons déjà émise, nous dirons que ces recherches font voir comment chez ces peuples anciens, où cer-

1863. — L'auteur a publié en anglais un exposé général et méthodique de ces recherches sous le titre de *On the failure of geological attempts in Greece prior to the epoch of Alexander*. Ire partie, in-4° ; Londres, 1862. — On doit encore à M. J. Schvarcz un travail sur Straton de Lampsaque : *Lampsacusi Strato*. Ire partie ; Pest, 1861. — 2e édit., corrigée ; 1863. En 1861, il adressa au Congrès scientifique de Bordeaux un mémoire intitulé : *La géologie antique et les fragments du Clazoménien*, où l'auteur rapporte les idées d'Anaxagore sur l'histoire de la terre. — Les recherches déjà faites dans cette direction, telles que la *Minéralogie homérique*, de Millin, la *Minéralogie des anciens*, de Delaunay, la *Géologie des Grecs et des Romains*, par Lassaulx, ou *Contribution à la philosophie de l'histoire* (*Geologie der Griechen und Römer*, Mémoires de l'Académie royale des sciences de Bavière, 1851), etc., ne répondaient nullement aux besoins de la partie historique de la science.

taines des plus hautes facultés de l'intelligence avaient atteint leur apogée, d'autres sommeillaient encore, ne se manifestant que par de vagues intuitions de vérités générales qui reposaient sur des observations insuffisantes, ou même par des rêveries plus ou moins imaginaires, que la Renaissance a vues se renouveler depuis.

Géologie des Grecs avant l'époque d'Alexandre.

Les philosophes de la Grèce ont expliqué les phénomènes volcaniques par l'hypothèse des feux souterrains. Eschyle, dans une de ses tragédies perdues, a attribué à l'action de ces feux la séparation de la Sicile de la Calabre; Pindare a chanté, dans la première épinicie de ses Pythiaques, la communication souterraine de l'Étna avec le Vésuve. Chez Platon, on retrouve la cause des volcans dans le Pyriphlégéthon (*Phédon*, c. 58, 60); chez Empédocle, dans ces masses ignées souterraines (πολλὰ δ' ἔνερθ' ὔδεος (οὔδεος) πυρὰ καίεται!) dont il parle dans les fragments de son poëme *Sur la Nature*. Proclus, le commentateur de Platon, confirme l'opinion précédente dans les notes qui accompagnent le *Timée*. Empédocle, dit-il, soutient l'existence de torrents de lave souterrains (ῥύακες πυρός). Nous pouvons nous faire encore une idée plus exacte et plus précise de la théorie de quelques pythagoriciens par ce qu'en dit Simplicius dans son Commentaire sur les ouvrages d'Aristote (*de Cœlo*, II, 13, 14; f. 124). Simplicius, dont la véracité n'est pas suspecte, rapporte que les plus instruits de cette école (οἱ δὲ γνησιώτερον μετασχόντες) attribuaient au feu central (μέσον πῦρ) une action géogénique, en le plaçant à l'intérieur de la terre, comme le principe créateur de la vie et des choses, comme une source de chaleur éternelle pour le globe exposé d'ailleurs au refroidissement.

M. le professeur Röth, d'Heidelberg, a essayé d'expliquer l'hypothèse du μέσον πῦρ, dont on a tant parlé dans les ouvrages

sur l'astronomie des anciens, en supposant que ce sont seulement les éruptions volcaniques qui ont suggéré l'idée des pythagoriciens ; mais il fallait faire ici une distinction essentielle et ne pas vouloir appliquer cette interprétation aux idées de Philolaüs. Les philologues versés dans les traditions de l'école de Phythagore admettent qu'on y regardait le globe comme une sphère concave, dont une moitié représentait la véritable terre et l'autre l'*Antichthon*, comprenant dans le vide intérieur le fatal cube du feu central du μέσον πῦρ. Suivant le système d'Hicétas le syracusain, les mêmes philologues admettront peut-être que le μέσον πῦρ exerce une action à la fois astronomique et géologique, et ils interpréteront le passage de Simplicius (*ad* Ar. *de Cœl.*, f. 132) conformément à l'idée que professait Héraclide de Pont, savoir, la rotation de la terre autour de son propre centre ou la portion de la sphère concave autour du μέσον πῦρ, puisque ce μέσον πῦρ a occupé en même temps le centre du vide intérieur de la sphère.

Mais peut-être dira-t-on que l'hypothèse astronomique du μέσον πῦρ n'est encore, chez Philolaüs, qu'un acheminement vers la théorie de la rotation de la terre autour de son axe, et les philologues maintiendront-ils que l'on a toujours considéré la terre, telle que la comprenait Philolaüs, comme une planète indépendante du cube mystique de μέσον πῦρ, qui occupe le centre de l'univers? Dans le second livre d'Aristote *de Cœlo*, il n'y a que des arguments contraires à l'opinion de M. Röth, et cette circonstance même, que Simplicius distingue ceux qui ont regardé le μέσον πῦρ comme une cause exclusivement astronomique suppléant à la rotation de la terre autour de son axe, et ceux qui y ont ajouté un sens géologique, montre qu'il y a eu en effet, plusieurs sources d'informations dans la secte de Pythagore relativement au feu central (μέσον πῦρ).

Les plus rapprochés de la vérité étaient certainement ceux qui attribuaient les éruptions volcaniques, peut-être aussi les sources thermales et les tremblements de terre, à une masse ignée, souterraine, située au centre de la terre; et, comme celle-ci était supposée placée au centre de l'univers, ce dernier, en

même temps que l'enveloppe terrestre, décrivait son mouvement diurne autour de la partie centrale incandescente. Simplicius ne fait d'ailleurs aucune mention de la sphère concave terrestre.

Jusqu'à présent on ne peut pas affirmer que la doctrine géologique de ce μέσον πῦρ ait été aussi rattachée depuis au système héliocentrique ; mais Hicétas admettait déjà la rotation du sphéroïde, ainsi qu'Héraclide. Pour ces deux philosophes, le μέσον πῦρ avait un sens à la fois géologique et astronomique. Simplicius ne rappelle pas les noms de ces pythagoriciens plus instruits ; mais il dit que Diogène Laërce attribue l'antichthon à Hicétas, tandis que Théophraste lui a attribué, de son côté, le principe de la rotation, ce qui nous permet de penser que le célèbre syracusain a placé son μέσον πῦρ, la contre-partie nécessaire de l'antichthon, à l'intérieur de la terre ; les mots περὶ τὸ μέσον indiquent évidemment le μέσον πῦρ chez le scholiaste anonyme du *cod. Coisl.*, 166, en faveur d'Héraclide.

L'admission de l'hypothèse grecque du feu central dans le sens géogénique peut-elle faciliter l'explication de l'*Ecpyrosis*, car il y a des philosophes qui ont rejeté l'idée du feu extérieur (πῦρ τὸ περιέχον, ou feu en dehors de la sphère des étoiles fixes)? Quoiqu'il en soit, ils ont soutenu l'idée d'une conflagration générale de l'univers, ou au moins de notre planète. A quelle cause Empédocles, Leucippe et Démocrite pouvaient-ils attribuer les catastrophes terrestres dues à des conflagrations, si ce n'est aux feux souterrains ? Quant à l'hypothèse du feu central au point de vue géogénique, elle était peu répandue. Seulement les populations voisines des volcans recherchaient naturellement dans l'existence d'un feu intérieur la cause des phénomènes dont ils étaient témoins.

La mythologie a apporté son tribut de renseignements ; les poëmes sacrés ont avancé qu'il existait des communications entre les volcans les plus éloignés ; Phérécyde, logographe athénien, surnommé Lerius, qu'il ne faut pas confondre avec le célèbre philosophe du même nom, qui était de Scyros, a raconté, comme le dit le scholiaste d'Apollonius le rhodien, que Typhoëus

était venu de la montagne *brûlante* du Caucase jusqu'aux îles de Pithecussæ; mais la plupart des Grecs semblent avoir adopté l'idée que l'on trouve dans Homère et chez quelques naturalistes anciens, Anaxagoras, Démocrite, etc., savoir, l'existence de l'eau dans les cavités intérieures de la terre (ἐν τοῖς κοιλώμασι).

Les phénomènes inorganiques de la surface, dus à des causes actuelles, étaient étudiés, dans l'antiquité grecque, avec une prédilection toute particulière, tels sont les dépôts d'alluvion qui se forment journellement, les soulèvements partiels, l'apparition de nouvelles îles, etc. Suivant Strabon, Homère aurait connu le mode de formation du dépôt alluvien de la vallée du Nil et l'aurait exprimé dans le vers 358 de l'Odyssée, et Hésiode aurait mentionné la réunion au continent de l'île Artémia, l'une des Échinades, par les sédiments que déposait le fleuve Achéloüs, annonçant, en outre, d'avance, la réunion de tout ce groupe d'îles en une seule.

Myrsile, l'auteur des *Lesbiaques*, dit qu'Antissa a été autrefois une île, et suivant Ibycus, comme le dit le scholiaste de Pindare, il en aurait été de même d'Ortygie. Pindare a chanté la sortie des eaux de l'île de Rhodes, et Ion de Chio, dans son drame perdu d'*Omphale*, l'ancienne réunion de l'Eubée à la Béotie. Vers le même temps, Xanthus, le logographe lydien, soutenait que la Phrygie inférieure avait été recouverte autrefois par la mer, près de la Mattyène.

Ce que rapporte Hérodote de l'Égypte prouve beaucoup de sagacité et un bon esprit d'observation : « Ils (les prêtres de « Memphis, de Thèbes et d'Héliopolis) ajoutèrent que Ménès « fut le premier homme qui eût régné en Égypte ; que de son « temps toute l'Égypte, à l'exception du nome Thébaïque, n'é- « tait qu'un marais ; qu'alors il ne paraissait rien de toutes les « terres qu'on y voit aujourd'hui au-dessous du lac Mœris, « quoiqu'il y ait sept jours de navigation depuis la mer jusqu'à « ce lac, en remontant le fleuve.

« V. Ce qu'ils me dirent de ce pays me parut très-raison- « nable. Tout homme judicieux qui n'en aura point entendu

« parler auparavant remarquera en le voyant que l'Égypte, où « les Grecs vont par mer, est une terre de nouvelle acquisition « et un présent du fleuve; il portera aussi le même jugement « de tout le pays qui s'étend au-dessus de ce lac jusqu'à trois « journées de navigation, quoique les prêtres ne m'aient rien « dit de semblable; c'est un autre présent du fleuve. La nature « de l'Égypte est telle, que, si vous y allez par eau, et que, « étant encore à une journée des côtes, vous jetiez la sonde en « mer, vous en tirerez du limon à onze orgyes de profondeur ; « cela prouve manifestement que le fleuve a porté de la terre « jusqu'à cette distance. »

Après avoir décrit géographiquement la vallée du Nil depuis le Delta jusqu'à Éléphantine, Hérodote continue :

« X. La plus grande partie du pays dont je viens de parler « est un présent du Nil, comme le dirent les prêtres, et c'est « le jugement que j'en portai moi-même. Il me paraissait en « effet que toute cette étendue de pays que l'on voit entre ces « montagnes, au-dessus de Memphis, était autrefois un bras de « mer, comme l'avaient été les environs de Troie, de Teuthra- « nie, d'Éphèse et la plaine de Méandre, s'il est permis de « comparer les petites choses aux grandes; car, de tous les « fleuves qui ont formé ces pays par leurs alluvions, il n'y en « a pas un qui, par l'abondance de ses eaux, mérite d'être « comparé à une seule des cinq bouches du Nil. Il y a encore « beaucoup d'autres rivières qui sont inférieures à ce fleuve, « et qui cependant ont produit des effets considérables. J'en « pourrais citer plusieurs, mais surtout l'Achéloüs, qui, tra- « versant l'Arcananie et se jetant dans la mer où sont les Échi- « nades, a joint au continent la moitié de ces îles.

« XI. Dans l'Arabie, non loin de l'Égypte, s'étend un golfe « long et étroit, comme je le vais dire, qui sort de la mer Éry- « thrée. De l'enfoncement de ce golfe à la grande mer il faut « quarante jours de navigation pour un vaisseau à rames. Sa « plus grande largeur n'est que d'une demi-journée de naviga- « tion. On y voit tous les jours un flux et un reflux. Je pense « que l'Égypte était un autre golfe à peu près semblable, qu'il

« sortait de la mer du Nord (la Méditerranée) et s'étendait vers « l'Éthiopie; que le golfe Arabique, dont je vais parler, allait « de la mer du Sud (la mer Rouge) vers la Syrie; et que, ces « deux golfes n'étant séparés que par un petit espace, il s'en « fallait peu que, après l'avoir percé, ils ne se joignissent par « leurs extrémités. Si donc le Nil pouvait se détourner dans « ce golfe Arabique, qui empêcherait qu'en vingt mille ans « il ne vînt à bout de le combler par le limon qu'il roule sans « cesse? Pour moi, je crois qu'il y réussirait en moins de « dix mille. Comment donc ce golfe égyptien dont je parle, « et un plus grand encore, n'aurait-il pas pu, dans l'espace « de temps qui a précédé ma naissance, être comblé par l'ac- « tion d'un fleuve si grand et si capable d'opérer de tels chan- « gements?

« XII. Je n'ai donc pas de peine à croire ce qu'on m'a dit « de l'Égypte; et moi-même je pense que les choses sont cer- « tainement de la sorte, en voyant qu'elle gagne sur les terres « adjacentes, qu'on y trouve des coquillages sur les montagnes, « qu'il en sort une vapeur salée qui ronge même les pyramides, « et que cette montagne, qui s'étend au-dessus de Memphis, « est le seul endroit de ce pays où il y ait du sable. Ajoutez « que l'Égypte ne ressemble en rien ni à l'Arabie, qui lui est « contiguë, ni à la Libye, ni même à la Syrie; car il y a des « Syriens qui habitent les côtes maritimes de l'Arabie. Le sol « de l'Égypte est une terre noire, crevassée et friable, comme « ayant été formée du limon que le Nil y a apporté d'Éthiopie, « et qu'il y a accumulé par ses débordements, au lieu qu'on « sait que la terre de Libye est plus rougeâtre et plus sablon- « neuse, et que celle de l'Arabie et de la Syrie est plus argi- « leuse et plus pierreuse.

« XIII. Ce que les prêtres me racontèrent de ce pays est en- « core une preuve de ce que j'en ai dit. Sous le roi Mœris, « toutes les fois que le fleuve croissait seulement de huit cou- « dées, il arrosait l'Égypte au-dessous de Memphis; et, dans « le temps qu'ils me parlaient ainsi, il n'y avait pas encore « neuf cents ans que Mœris était mort; mais maintenant, si le

« fleuve ne monte pas de seize coudées, ou au moins de quinze,
« il ne se répand point sur les terres. Si ce pays continue à
« s'élever dans la même proportion, et à recevoir de nouveaux
« accroissements, comme il a fait par le passé, le Nil ne le
« couvrant plus de ses eaux, il me semble que les Égyptiens
« qui sont au-dessous du lac Mœris, ceux qui habitent les autres
« contrées, et surtout ce qu'on appelle le Delta, ne cesseront
« d'éprouver dans la suite le même sort dont ils prétendent
« que les Grecs sont un jour menacés ; car, ayant appris que
« toute la Grèce est arrosée par les pluies, et non par les inon-
« dations des rivières, comme leur pays, ils dirent que si les
« Grecs étaient un jour frustrés de leurs espérances, ils cour-
« raient risque de périr misérablement de faim. Ils voulaient
« faire entendre par là que si, au lieu de pleuvoir en Grèce, il
« survenait une sécheresse, ils mourraient de faim, parce qu'ils
« n'ont d'autre ressource que l'eau du ciel.

« XIV. Cette réflexion des Égyptiens sur les Grecs est juste ;
« mais voyons maintenant à quelles extrémités ils peuvent se
« trouver réduits eux-mêmes. S'il arrivait, comme je l'ai dit
« précédemment, que le pays situé au-dessous de Memphis,
« qui est celui qui prend des accroissements, vînt à s'élever
« proportionnellement à ce qu'il a fait par le passé, ne faudrait-
« il pas que les Égyptiens qui l'habitent éprouvassent les hor-
« reurs de la famine, puisqu'il ne pleut point en leur pays, et
« que le fleuve ne pourrait plus se répandre sur leurs terres?
« Mais il n'y a personne maintenant dans le reste de l'Égypte,
« ni même dans le monde, qui recueille les grains avec moins
« de sueur et de travail. Ils ne sont point obligés de tracer avec
« la charrue de pénibles sillons, de briser les mottes, et de
« donner à leurs terres les autres façons que leur donnent le
« reste des hommes ; mais lorsque le fleuve a arrosé de lui-
« même les campagnes, et que les eaux se sont retirées, alors
« chacun y lâche des pourceaux, et ensemence ensuite son
« champ. Lorsqu'il est ensemencé, on y conduit des bœufs ;
« et, après que ces animaux ont enfoncé le grain en le foulant
« aux pieds, on attend tranquillement le temps de la moisson.

« On se sert aussi de bœufs pour faire sortir le grain de l'épi,
« et on le serre ensuite.

« XV. Les Ioniens ont une opinion particulière sur ce qui « concerne l'Égypte. Ils prétendent qu'on ne doit donner ce « nom qu'au seul Delta, depuis ce qu'on appelle l'Échauguette « de Persée, le long du rivage de la mer, jusqu'aux Tarichées « de Péluse, l'espace de quarante schènes, qu'en s'éloignant « de la mer l'Égypte s'étend, vers le milieu des terres, jus- « qu'à la ville de Cercasore, où le Nil se partage en deux bras, « dont l'un se rend à Péluse et l'autre à Canope. Le reste de « l'Égypte, suivant les mêmes Ioniens, est en partie de la Li- « bye et en partie de l'Arabie. En admettant cette opinion, il « serait aisé de prouver que, dans les premiers temps, les Égyp- « tiens n'avaient point de pays à eux ; car le Delta était autre- « fois couvert par les eaux, comme ils en conviennent eux- « mêmes, et comme je l'ai remarqué ; et ce n'est, pour ainsi « dire, que depuis peu de temps qu'il a paru. Si donc les Égyp- « tiens n'avaient point autrefois de pays, pourquoi ont-ils af- « fecté de se croire les plus anciens hommes du monde ? Et « qu'avaient-ils besoin d'éprouver des enfants, afin de s'assu- « rer quelle en serait la langue naturelle ? Pour moi, je ne « pense pas que les Égyptiens n'ont commencé d'exister qu'a- « vec la contrée que les Ioniens appellent Delta, mais qu'ils ont « toujours existé depuis qu'il y a des hommes sur terre, et « qu'à mesure que le pays s'est agrandi par les alluvions du Nil, « une partie des habitants descendit vers la basse Égypte, tandis « que l'autre resta dans son ancienne demeure ; aussi donnait- « on autrefois le nom d'Égypte à la Thébaïde, dont la circon- « férence est de six mille cent vingt stades (1). »

Strabon et Sénèque rapportent aussi l'opinion d'Hérodote que la Thessalie a été recouverte par les eaux. Thucydide, dans son III[e] livre, mentionne un tremblement de terre à la suite duquel l'Orobie aurait été inondée, et dans le second ce qu'avait déjà dit Hésiode des îles Échinades. Le mythe

(1) *Hist. d'Hérodote*, traduite par Larcher, t. I, p. 138, édit. de 1850.

d'Alcméon, que cite l'illustre historien de la *Guerre du Péloponèse*, n'est qu'une allégorie mythologique du phénomène des alluvions, ou, comme l'ont désigné les Grecs de l'époque classique, πρόσχωσις.

Les pythagoriciens ont également observé ces dépôts modernes dont Ovide cite des exemples dans le XV[e] livre des *Métamorphoses* en reproduisant les doctrines de cette école.

L'auteur du livre apocryphe *Sur la nature de l'Univers*, attribué à Ocellus Lucanus, pense que le fond de la mer change de temps en temps, et que ce sont les vents ou tremblements de terre et les eaux qui déterminent la distribution des masses continentales. Anaxagore de Clazomène soutenait, au dire de Diogène Laërce, que les montagnes de Lampsaque devaient être un jour recouvertes par les eaux de la mer, tandis que Démocrite l'abdéritain croyait que ces dernières diminuaient constamment.

Le mythe de l'Atlantis prouve que Platon, ou celui à qui ce philosophe l'a emprunté, avait observé la zone de sédiments déposés par les flux golfoïdes au fond de la Méditerranée, près de Gadès (ταινία ὕφαλος), et remarqués aussi plus tard par Straton de Lampsaque.

Le *Phédon* nous donne encore la preuve que Platon a constaté la décomposition extérieure des roches cristallines ; mais à cet égard, comme à beaucoup d'autres, on ne trouve rien dans les anciens auteurs qui soit comparable à ce que nous lisons dans le dernier chapitre du I[er] livre de la *Météorologie* d'Aristote. Ce ne sont pas les mêmes parties de la surface terrestre, dit le philosophe de Stagire, qui sont toujours continents ou couvertes par des eaux ou bien toujours au-dessus et toujours au-dessous du niveau des mers, mais elles changent de nature suivant la source et le desséchement des rivières. Cependant ces modifications ne se produisent que suivant un certain ordre périodique propre à la nature des choses et analogue aux mouvements de la vie chez les animaux et les végétaux. Comme ceux-ci, l'intérieur de la terre a sa jeunesse et sa vieillesse. Mais notre propre existence est trop courte

pour que nous puissions apercevoir ses changements. Des nations entières disparaissent sans pouvoir conserver le souvenir de tout ce qui a eu lieu. C'est ainsi que les Égyptiens, habitant un pays présent du Nil, ont depuis longtemps oublié l'époque où, pour la première fois, ils ont occupé les régions graduellement mises à sec. Ces modifications auraient ainsi leur cycle périodique, leur hiver caractérisé par l'abondance des pluies, comme celles qui occasionnèrent le déluge de Deucalion, aux environs de Dodone, et leur été marqué par une extrême sécheresse.

Suivant Censorinus, Aristote aurait voulu exprimer par cette époque de sécheresse une grande période cosmique, une conflagration du monde, et par l'hiver un cataclysme également universel; mais rien ne justifie cette interprétation dans la philosophie d'Aristote, qui dit au contraire, dans le chapitre précité, que la terre n'est qu'un point sans importance en comparaison de l'univers entier, et qu'il serait ridicule de faire mouvoir les cieux pour une cause si minime. Le ciel est immuable, et rien n'autorise à voir dans les ouvrages du précepteur d'Alexandre l'idée d'une conflagration de l'univers; on y voit, au contraire, relativement aux changements de la surface de la terre, l'influence des causes actuelles.

Aristote a nié le dessèchement final des mers et combattu l'opinion de Démocrite; mais le scholiaste d'Apollonius de Rhodes lui attribue la croyance que l'île de Schérie avait été sur le point d'être réunie au continent. Le livre *de Mundo*, attribué au Stagirite, mentionne des inondations occasionnées par des pluies, d'autres produites par l'envahissement de la mer, l'émersion de portions couvertes jadis par les eaux, etc.

En admettant tous ces faits, on peut se demander si les Grecs n'ont pas attribué la succession des couches de la terre à ces changements produits par les causes actuelles. Mais en réalité cette succession n'a pu être comprise, comme nous l'avons vu, d'une manière complète, que par l'observation des corps organisés fossiles. Or, parmi les philosophes naturalistes des époques antérieures à Alexandre, ceux qui ont connu les fossiles, Xéno-

phane, Empédocle, Parménide, etc., sont précisément pour les grandes catastrophes, tandis qu'Anaxagore et Aristote, qui professaient la doctrine des causes actuelles, n'ont jamais vu de fossiles, ou si, comme ce dernier, ils ont remarqué des restes de poissons pétrifiés, ils ont complétement méconnu leur origine. Cependant Anaxagore est relativement aux philosophes à bouleversements, tels qu'Empédocle et Anaximandre, un véritable précurseur des idées de nos jours, car le passage de Thémistius (*ad* Arist., *Phys. auscult.*, I, p. 18) affirme que, tandis qu'Empédocle croit à la cessation temporaire de l'*eccrisis* (ἔκκρισις ἐκ τοῦ μίγματος) des choses et veut établir des périodes, Anaxagore en soutient la continuité sans interruptions périodiques ; ce passage ne présente en effet qu'une opinion qui, dans ses rapports avec la grandeur et l'importance des changements survenus à la surface de la terre, n'exclut point des catastrophes accidentelles.

Il serait difficile d'ailleurs de comparer les causes actuelles d'Anaxagore avec celles que comprennent, sous le même nom, les géologues modernes; car, suivant le philosophe de Clazomène, la formation des étoiles serait un phénomène aussi contemporain produit par la δίνη, la περιχώρησις, enlevant chaque jour aux roches des fragments lancés dans l'espace et les embrasant.

En réalité, Aristote paraît avoir voulu dire seulement que la vie organique n'avait jamais éprouvé ni extinction de ses principaux types actuels, ni introduction d'autres types complétement nouveaux.

Pour ce qui concerne l'homme en particulier, on trouve dans sa *Physique* (IV, p. 14), dans le premier livre *de Cœlo* (c. III), dans sa *Météorologie* (I, 3), dans ses *Problèmes* (XVII, 3), dans sa *Métaphysique* (XII, 8), dans sa *Politique* (VII, 10), dans tous ses ouvrages en un mot, cette opinion, que le genre humain a présenté aussi lui-même de temps en temps des relations analogues, et de plus que les cultes, les sciences et les arts ont été déjà plusieurs fois inventés et perdus, et cela, dit-il, à l'infini (ἀπειράκις); que les religions de son temps ne sont que les

restes d'une encyclopédie qui tendait à s'écrouler à son tour (οἷον λείψανα, κύκλον εἶναι τὰ ἀνθρώπινα). Nous verrons plus tard que les stoïques ont admis que le monde avait reproduit dans ses périodes cycliques les mêmes individus, les mêmes villes, les mêmes guerres, etc.

En résumé, les données stratigraphiques et paléontologiques modernes sont restées complétement inconnues à Aristote, et les modifications produites par les causes actuelles à la surface de la terre n'ont point fait sur son esprit une impression plus profonde que sur les auteurs de la légende des *Sept Dormeurs*, ou des autres traditions chez les divers peuples. La fable de ces *Sept Dormeurs*, qui remonte au règne de l'empereur Théodose II, appelée par Gibbon un roman philosophique, se retrouve chez les Arabes, les Hindous, les Scandinaves, les hagiographes de l'Église romaine aussi bien que chez les Grecs. Épiménide en est le héros, comme on le voit dans Diogène Laërce, et c'est, à proprement parler, une de ces légendes philosophiques communes à tous les peuples sous toutes les latitudes. Les inspirations qu'on y trouve ne sont point particulières à l'univers, mais consacrées à des réflexions morales.

Lorsqu'on prend en considération toutes ces données, on peut se demander si l'établissement de certains grands cycles astronomiques ou mieux cosmiques ne résulterait pas des observations assez nombreuses faites sur les changements de la nature inorganique à la surface de notre planète. A cet égard, on remarque qu'avant l'époque d'Alexandre il y avait des philosophes naturalistes grecs qui professaient l'apocatastasie périodique des choses. Mais les fragments qui nous sont parvenus de l'antiquité sur ce sujet sont trop incomplets pour nous prouver que ces philosophes ont été amenés à l'idée de la destruction du monde par la considération des restes fossiles, ou bien par celle des effets produits par des changements analogues à ceux de nos jours, en les supposant accumulés pendant un laps de temps presque infini. Chez d'autres philosophes, on peut encore aujourd'hui retrouver les traces plus ou moins positives des inductions vraiment géologiques.

Les premiers forment de beaucoup la majorité, tels que Thalès, Anaximène, Hippon, Diogène l'Apolloniate, Héraclite, Pythagore et probablement l'auteur des poëmes sacrés d'Orphée, plusieurs élèves de Pythagore et des membres de sa secte, Anaxagore?, Zénon, Parménide, Mélisse, Archélaüs et Platon. Les seconds sont particulièrement Xénophane, Empédocle et Anaximandre.

Il y avait en outre des poëtes qui, à l'exemple de Linus, dont on connaît la période cosmique de 10 800 ans, parlaient de la même manière sans y avoir réfléchi bien profondément. Peut-être aussi quelques-uns des philosophes naturalistes que nous avons cités ne faisaient-ils que reproduire des traditions sanscrites (1), les traditions empreintes des idées de *manvataras* et de *yougam*, ou étaient-ils l'écho de celles de Babylone (2), ou bien encore de celles venues en Grèce par suite des communications avec l'Égypte, la Phénicie, sinon de la doctrine de Zoroastre elle-même.

Les livres sibyllins ont sans doute tiré ces idées de l'Orient (3). Héraclite assigne comme Linus un laps de 10 800 ans à sa période cosmique; Orphée, 120 000 ans à la sienne. Mais le célèbre historiographe de la philosophie ionienne, Richter, a fait voir le peu de fondement de ces opinions basées sur des inductions cosmologiques ou, comme diraient les anciens, physiologiques, et l'on sait que l'on doit faire remonter l'origine de ces

(1) Cf. *Rig Vêda*, VIII, 4, Hymn. 17, 18, 19; *Manous*, I, 52, 57, I, 80; *Yaynavalkya*, III, 10. Cf. *Adhyâya Upanishad; Anuvaca Upanishad; Vrihad Upanishad*, II, 5; *Bhagavad Gîtâ*, VII, 6 et seqq.; X, 20 et seqq.

(2) Saroï, nessoï, sossoï. Cf. Bérose chez Sénèque, *Hist. natur.*, III, 29; *Zendiques*, Cf. Théopompe chez Plutarque, *Moralia*, p. 370, B.; Cf. *Bundehèche*, I, xxxiv; *Zend Avesta*, ed. Kleuker, III, p. 57 et seqq; *Vendidad Sade*, xix Ha, xxviii Ha; *Yechte Sades*, xviii; *Vendidad Sade*, xxx Ha, xxxi Ha; *Bundehèche*, xxxi; Cf. Talmoud, *Midrache Rabba, Berechite Paracha*, 4; *Or Adonai*, III, 1, 5; *Sohar*, III, p. 498, Sulzb; III. p. 79, 223, 135, 152, 166, 100; *Roche ha-Chana*, 11, a Cf. *Pseudo-Esra*, IV, 14. 11, ou même étrusques: (Cf. Suidas, v. Τυῤῥηνία); Cf. Lassaulx, dans les *Comptes rendus de l'Académie royale de Bavière*, I cl., VI vl., III sect.

(3) Cf. Origène, *Philos.*, V, 16; Platon, *de Republ.*, VIII, p. 381, 2.

dogmes à la tradition (1). Cependant les apophthegmes de Pythagore seraient-ils aussi une reproduction de la cosmologie des Égyptiens, par exemple? C'est ce que nous sommes loin de savoir, de même que si l'on doit faire remonter toutes ces données à des observations ou à des déductions avancées par les pythagoriciens (2).

Platon, dans son *Timée*, n'a fait que copier les dogmes de ces derniers. Il parle également des *ecpyrosis* et des cataclysmes, mais ne fait aucune mention des fossiles, tandis que Xénophane, Anaximandre et Empédocle, qui ont rapporté les débris organiques pétrifiés aux périodes cosmiques, ont en quelque sorte préludé à la géologie moderne. Il pourrait être hasardé de dire que ces trois philosophes naturalistes ont su apprécier l'importance de la stratification ou superposition des roches, ou qu'ils ont seulement connu la distinction des roches cristallines et sédimentaires; cependant l'étymologie du mot πάγος, désignant des caps ou promontoires trachytiques, basaltiques, granitiques et porphyriques, appuierait la supposition que fait naître le passage de Plutarque (*De primo frigido*, c. XIX), suivant lequel Empédocle a prétendu que les espèces de roches que nous appelons cristallines, les ἐμφανῆ, les κρημνοὶ, les σκόπελοι, les πέτραι, ont été élevées et sont soutenues par le feu de l'intérieur de la terre (καὶ ἀνέχεσθαι διερειδόμενα φλεγμαίνοντος, τοῦ ἐν βάθει τῆς γῆς πυρός). D'un autre côté, le fait qu'on a désigné par le même mot, ἔδαφος, le fond de la mer et l'idée connexe de couche ou

(1) Plutarque, *Moral.*, p. 101 A.; Clemens Alex., *Strom.* V, p. 711, 20. *Pædag.*, I, 5; Proclus, in *Timæum*, p. 240, 4; Eusebius, *Præp. evang.*, XIV, 3; Origène, *Philos.*, IX, 9; Arist., *Phys.*, III, 5; Diog. Laërce, IX, 8; Galen, *Hist. phil.*, 10, 17; Stob., *Ecl.*, I, 15, 42; M. Antoninus, III, 3; Censorinus, 18, 11.

(2) Les dates relatives à Orphée et à Pythagore se trouvent chez Plutarque, *Moral.*, p. 415; Nigidius chez Servius, ad *Ecl.* Virg., IV, 10; Censorinus, 18, 11; Celsus chez Origène, *C. Celsum*, IV, 11; Minucius Felix, 34; Ammianus Marcellinus, XV, 9, 8; Lobeck, *Aglaophamus*, p. 791-2-3 et seqq.; Cf. Platon, *Timæus*, p. 12, 13; Origène, *Philos.*, VI, 21; *Timæus*, p. 11, 12, 3, 40; *Republ.*, p. 381, 13; Brandis, *Geschichte der Philos*, II, p. 570; cité par Lassaulx, p. 31.

stratum annoncent que les Grecs connaissaient déjà la nature et l'origine sédimentaire des roches fossilifères. On pourrait dire aussi que Thalès a soutenu l'origine aqueuse des roches, puisqu'on sait qu'il regardait l'eau comme le principe palétiologique des choses ; mais à cet égard ce qu'on connaît de ce philosophe est trop peu certain pour qu'on puisse y attacher quelque importance.

Un passage attribué à Démocrite d'Abdère, dans les *Géoponiques* de l'empire byzantin sur l'art hydrophantique, nous a fait connaître les expressions dont on se servait alors pour caractériser les couches (ἔδαφος), que le traducteur latin a rendues par celle de *solorum genera* (1). On peut donc avancer que les Grecs avaient réellement compris l'idée que nous attachons aujourd'hui au mot *strate*.

Une remarque essentielle dans l'interprétation des idées de la plupart des philosophes grecs qui ont parlé d'un nombre infini de mondes (ἀπείρους κόσμους), c'est qu'en général ils n'ont pas voulu dire des mondes disséminés dans l'espace, mais bien des mondes qui se sont succédé dans le temps, c'est-à-dire des périodes cosmiques. Karsten, Schaubach, Mullach, Cousin, Sturtz ont fait voir que pour Xénophane, Anaximandre, Anaximène, Empédocle, Parménide, Archélaüs et Diogène d'Apollonie, on aurait tort de rapporter aux étoiles les divers mondes ou mondes infinis dont ils parlent. Cette observation s'applique surtout à Xénophane, et si l'on voulait attribuer ces ἀπείρους κόσμους aux mondes coordonnés dans l'espace, à la lune, aux planètes, aux étoiles fixes, on serait en contradiction manifeste avec ce que l'on trouve dans le pseudo-Plutarque, le pseudo-Galène, Porphyrius, Stobæus, Théodorète et plusieurs autres.

Toute l'antiquité a connu le fameux apophthegme de Xénophane : ἓν τὸ πᾶν, qui nie, de la manière la plus positive, l'idée de diversité ou de pluralité des mondes. Nous devons donc ad-

(1) Cf. l'ouvrage de l'auteur anglais, *On the Failure of geological attempts in Greece*, p. 32, 33, 34.

mettre que ce philosophe a parlé de périodes cosmiques, de la διακόσμησις κατά τινας περιόδους, comme l'ont appelée Jean Philopone et Sextus Empiricus.

Quant à Anaxagore, on pourrait lui appliquer l'ancienne interprétation, savoir, qu'il a voulu seulement attribuer des habitants à la lune et aux autres planètes, et Xénophane de Colophon serait le seul naturaliste grec, le seul φυσικός ou φυσιολόγος pour lequel on possède des preuves directes qu'il a basé sa doctrine de la destruction périodique du monde sur une véritable induction.

Origène, dans ses *Philosophumena* (c. xiv), dit expressément que, pour prouver qu'il y a aussi de nos jours une intermittence continuelle de phénomènes (μίξις) entre la mer et la terre, et que par suite il viendra un temps où l'eau aura dissous la terre entière (λύεσθαι), Xénophane a cité, comme argument à l'appui (τοιαύτας ἀποδείξεις), les coquilles marines rencontrées loin de la mer, sur les continents et même sur les montagnes. Dans les carrières (λατομίαις) de Syracuse, il mentionne des restes de poissons et de phoques (τύπος); dans l'île de Paros, à l'intérieur des roches (ἐν τῷ βάθει τοῦ λίθου), des feuilles de laurier (δάφνης), ou, suivant la version de Gronovius (τύπον ἀφύης), des anchois; puis, dans l'île de Malte, des formes de toutes sortes de produits marins (πλάκας τῶν συμπάντων θαλασσίων).

Tous ces restes ne sont que les témoignages d'une époque pendant laquelle tout était couvert de boue ou de vase (ὅτε πάντα ἐπηλώθησαν πάλαι), et dont les corps se sont endurcis dans cette même boue (τὸν δὲ τύπον ἐν τῷ πηλῷ ξηρανθῆναι).

Xénophane a soutenu, continue Origène, que tous les hommes ou tout le genre humain (ἀναιρεῖσθαι δὲ τοὺς ἀνθρώπους πάντας) périt chaque fois que la terre vient à être recouverte (κατενεχθεῖσα) par la mer, qu'elle se change en boue (πηλὸς γένηται), et qu'après chacune de ces catastrophes commencent une nouvelle création, un nouvel ordre de choses, et qu'enfin ces changements se reproduisent dans toutes les périodes cosmiques (Εἶτα πάλιν ἄρχεσθαι τῆς γενέσεως, καὶ τοῦτο πᾶσι τοῖς κόσμοις γίνεσθαι καταβάλλειν). Le fait certain que Xénophane ou Origène

ne veut exprimer par ces mots : πᾶσι τοῖς κόσμοις, que des périodes cosmiques est aussi remarquable, et confirme ce que nous avons dit plus haut.

Eusèbe, dans sa *Préparation évangélique*, reproduit brièvement l'hypothèse de Xénophane, laquelle, quoique très-imparfaitement établie sur l'existence des fossiles et sur l'observation de quelques changements contemporains survenus dans les relations des terres et des eaux, nous montre cependant, avec une certaine évidence, la croyance aux bouleversements périodiques de la terre en rapport avec la présence des fossiles. C'est tout un ensemble d'idées et de faits qu'on ne retrouve chez aucun autre philosophe de la Grèce ancienne.

On sait que Xanthus, Hérodote, Eudoxe et Aristote, tous antérieurs à l'époque d'Alexandre, ont parlé des fossiles. Xanthus, le logographe lydien cité par Strabon (I, 3), ayant observé dans l'Arménie, la Phrygie et la Lydie, à une grande distance de la mer, des pierres remplies de coquilles (λίθοντε κογχυλιώδη) et des types de cténoïdes et de chéramydes, en a conclu que ces contrées avaient été recouvertes par la mer.

Nous avons déjà cité le passage d'Hérodote, qui mentionne les coquilles pétrifiées de l'Égypte (κογχύλια φαινόμενα ἐπὶ τοῖσι οὔρεσι), mais il ne fait aucune réflexion sur cette circonstance par rapport aux dépôts du Nil ni à la mer Rouge. Eudoxe, le mathématicien de Cnide que cite Strabon (XII, 3, 42), parle des poissons fossiles (ὀρυκτοὺς ἰχθῦς) de la Paphlagonie, des environs du lac d'Ascanie, sans y ajouter aucune remarque, et Aristote, dans son *Essai sur la respiration* (c. IX), les mentionne également en les faisant provenir d'espèces encore vivantes dans les profondeurs de la terre où elles se pétrifient.

Ce qui nous reste des théories presque paléontologiques d'Anaximandre et d'Empédocle ne permet cependant aucune conclusion ni sur les pétrifications, ni sur leur rôle. Si l'on en croit le pseudo-Plutarque (*Plac.*, V, 19), Anaximandre de Milet aurait avancé que les premiers animaux se sont développés dans l'eau, qu'ils étaient recouverts d'enveloppes épineuses (φλοιοῖς περιεχόμενα ἀκανθώδεσι), dont ils se sont dépouillés en

quittant l'eau pour chercher à vivre sur les terres émergées. Le même philosophe, suivant l'auteur de *Placita*, ajoutait que ces premières formes organisées vécurent peu de temps après être sorties de l'eau.

Le vrai Plutarque dit aussi dans le VIII[e] livre des *Symposiaques* qu'Anaximandre attribuait aux poissons l'origine des premiers hommes; aussi Cuvier a-t-il pu dire de son côté, (*Histoire des sciences naturelles*, t. I) : « Anaximandre, ayant admis l'eau comme le second principe de la nature, prétendait que les hommes avaient été primitivement poissons, puis *reptiles*, puis *mammifères*, et enfin ce qu'ils sont maintenant. » Anaximandre serait donc le véritable précurseur de de Maillet, de Lamarck et des zoologistes de nos jours, qui marchent plus ou moins sur leurs traces ; mais peut-être avait-il emprunté lui-même ces idées aux Égyptiens, aux Chaldéens ou aux Phéniciens, qui les auraient déduites eux-mêmes de quelques données géologiques incomplètes? Quant aux reptiles et aux mammifères dont parle Cuvier, on ne voit pas qu'ils aient été réellement indiqués par les auteurs que nous citons.

On pourrait voir cependant dans la défense de manger des poissons chez divers peuples de l'antiquité, comme dans la secte de Pythagore, une certaine relation entre les apophthegmes d'Anaximandre d'une part, et la source où l'on a très-probablement puisé aussi quelques traditions sémitiques de l'autre. Le mythe d'Oannès, monstre moitié homme et moitié poisson, venu de la mer Rouge, est, quoi qu'il en soit, plus rapproché de la doctrine d'Anaximandre que celle du livre sanscrit de Vaïvasvata.

Ce que nous savons d'une théorie probablement géologique, ou plutôt paléontologique, provient de deux sources principales : 1° les fragments du poëme didactique du philosophe d'Agrigente *Sur la Nature* (Περὶ φύσιος); 2° les rapports des commentateurs, des compilateurs, des lexicographes, des phlyacographes et des scholiastes des époques postérieures. Parmi ces derniers, le passage contenu dans le XIX[e] chapitre du V[e] livre du pseudo-Plutarque est sans doute le plus remarquable :

Ἐμπεδοκλῆς τὰς πρώτας γενέσεις τῶν ζώων μηδαμῶς ὁλοκλήρους γενέσθαι, ἀσυμφυέσι δὲ τοῖς μορίοις διεζευγμένας· τὰς δὲ δευτέρας, συμφυομένων τῶν μερῶν εἰδωλοφανεῖς· τὰς δὲ τρίτας, τῶν ἀλληλοφυῶν, τὰς δὲ τετάρτας (*pro* τέτταρας), οὐκ ἔτι ἐξ ὁμοίων (je voudrais lire ἐκ τῶν στοιχείων) οἷον ἐκ γῆς καὶ ὕδατος, ἀλλὰ δι' ἀλλήλων ἤδη, τοῖς μὲν πυκνωθείσης τῆς τροφῆς, τοῖς δὲ τῆς εὐμορφίας τῶν γυναικῶν, ἐπερεθισμὸν τοῦ σπερματικοῦ κινήματος ἐμποιησάσης.

On a ainsi quatre phases ou seulement trois, puisque les animaux de la quatrième ne diffèrent que par le mode de génération de ceux de la précédente, tandis que les fragments du poëme *Sur la Nature*, Περὶ φύσιος, ne nous ont conservé que les types primitifs suivants : οὐλοφυεῖς τύποι χθονὸς (Sturtz a traduit : *Formæ totam vim generandi confusam, necdum explicatam in sese continentes*); ἀμφιπρόσωπα καὶ ἀμφίστερνα (*bifrontia* et *bipectora*); βουγενῆ ἀνδρόπρωρα (*fœtus bovini, hominis facie*); ἀνδροφυῆ βούκρανα (*fœtus humani, bubulo capite*).

Aristote, dans son *Traité de l'âme*, nous a conservé le vers suivant :

Ἧ πολλῶν μὲν κόρσαι ἀναύχενες ἐβλάστησαν,

tiré aussi du poëme d'Empédocle *Sur la Nature*, et les mots κόρσαι ἀναύχενες y signifient seulement des têtes sans cou, c'est-à-dire que l'auteur croyait qu'il n'y avait eu, au commencement des choses de la terre, que des membres séparés les uns des autres, des têtes, des bras, des jambes, des mains, des pieds, etc.

Plutarque parle aussi d'un autre type animal d'Empédocle, qu'on a exprimé ordinairement par εἱλίποδα κριόχηλα, mais que Stein a plus tard rendu par κριτόχειρα, Reiske par κριοειδέα, Dübner par ἀκριτόχηλα ou ἀκριτόχειρα, et Mullach par ἀκριτόγυια. Seraient-ce quelques types de moutons monstrueux? C'est ce qu'il est impossible de dire aujourd'hui.

Maintenant les trois phases de développement de la vie animale énoncées par pseudo-Plutarque ne sont-elles qu'une explication pour le vulgaire de la doctrine qu'Empédocle a cherché à établir dans son poëme, en admettant ces types mons-

trueux de têtes sans cou, vivant cependant et pouvant se mouvoir, de Bœufs à tête humaine, d'hommes à tête de Bœuf, d'animaux à deux têtes, d'autres à deux poitrines, et en résumé la supposition de ces êtres fantastiques ne reposait-elle pas sur un essai de paléontologie incomplet? Aristote, dans sa *Physique* (liv. II, ch. IV), dit très-clairement que, selon Empédocle, la formation des diverses parties du corps des animaux à l'origine du monde est due au hasard (ἀπὸ τυχῆς). Maintenant cette croyance au fatalisme, qui règne dans toute la philosophie du poëte naturaliste, ne résulterait-elle pas elle-même d'une fausse interprétation des corps fossiles souvent incomplets, brisés, et dont les fragments se trouvent épars dans la terre? C'est au moins fort probable. En effet Jean Philopone, le commentateur d'Aristote, dans le passage relatif à la formation première des animaux, dit qu'Empédocle admet que ceux-ci doivent leur origine à ces membres du corps qui ont existé anciennement comme des êtres organisés complets, indépendants, et qui se sont accumulés dans la terre (ἐν τῇ γῇ) lorsque le principe chaotique a commencé à succéder au principe cosmique (ἐπὶ τῇ ἥττῃ μὲν τῆς φιλότητος, ἐπικρατείᾳ δὲ τοῦ νείκους). Ces mots : συναθροισθῆναι ἐν τῇ γῇ, qu'ils se sont accumulés dans la terre, prouvent assez qu'Empédocle a vraiment eu l'idée de phénomènes géologiques et paléontologiques. Celui qui déjà avait su distinguer le vrai caractère des roches cristallines, comme nous l'assure Plutarque, qui avait eu la pensée du soulèvement du sol pour se rendre compte de certains phénomènes, pouvait bien avoir aussi observé les débris de corps organisés dans les couches sédimentaires.

Suivant Censorinus (*de Die natali*, IV), Parménide aurait avancé une hypothèse semblable sur le principe de la vie animale; mais les détails à cet égard font complétement défaut. A vrai dire, ce que nous savons sur celle d'Empédocle est aussi bien peu de chose. Suivant cette dernière, les plantes auraient apparu à la surface de la terre avant les animaux (1). Il y aurait

(1) *Placita*, V, 26; pseudo-Galène, *Hist. philos.*, c. XXXVIII.

même eu des unes et des autres avant la formation du soleil (Cf. *Tzetzes* d'Hésiode).

Si nous nous reportons actuellement aux trois phases du développement de la vie, dont nous avons parlé tout à l'heure, nous pourrons supposer que la première correspond à la période où les membres vivants, isolés, étaient indépendants du corps lui-même des animaux, les κόρσαι ἀναύχενες, les têtes, les bras, les pieds, les mains (ἔμψυχα ὄντα), etc.; que la seconde comprenait les σύμμικτα ζῶα, c'est-à-dire ces formes monstrueuses dont parlent les fragments du poëme *Sur la Nature*, les βουγενῆ ἀνδρόπρωρα, les ἀνδροφυῆ βούκρανα, les ἀμφίστερνα, les ἀμφιπρόσωπα, les εἰλίποδα ἀκριτόγυια, etc., et que la troisième phase a été représentée par la faune actuelle. Malgré l'absence de détails plus précis, on voit que l'idée du développement successif des êtres était certainement dans la pensée de quelques Grecs de l'antiquité, et qu'ils ont dû y être amenés par l'observation de faits géologiques.

Anaximandre, comme on l'a dit, s'y était rattaché, ainsi que Démocrite et Archélaüs, et pour tous l'homme était le dernier être créé apparu à la surface du globe. Platon et Aristote ont adopté cette même hypothèse, mais on peut être assuré que le premier n'y a pas été amené par l'observation directe, et l'on conçoit en effet qu'elle puisse aussi résulter de spéculations abstraites sur les conditions générales des choses.

Suivant Diodore de Sicile, certains philosophes croyaient que le genre humain avait existé de tout temps, mais peut-être a-t-il confondu, avec l'hypothèse d'une uniformité perpétuelle absolue, la doctrine de ceux qui, croyant au développement successif des êtres, admettaient une grande période de la nature qui se serait répétée plusieurs fois, comme les *yougues* des livres sanscrits se répètent aussi pour former un jour de Brama, et ces jours se répètent à leur tour pour former une vie de ce dieu.

On peut dire qu'Empédocle nous donne déjà une idée de toutes les hypothèses des anciens sur le développement progressif des êtres, sans que, cependant, il soit réellement fondé

sur la complication progressive organique ascendante, depuis les polypiers jusqu'aux mammifères. Son idée, à cet égard, se bornait à une modification et à une amélioration par suite de l'adaptation des organismes plus conformes au principe téléologique de l'évolution cosmique. En effet, Aristote lui-même dit (liv. II, ch. VIII de sa *Physique*) que, suivant Empédocle, les types des βουγενῆ ἀνδρόπρωρα se sont éteints parce qu'ils n'étaient pas conformes au but. Enfin la dégénérescence du genre humain, telle que l'admettaient les anciens, n'était pas incompatible avec le développement progressif, car, comme on le voit dans les fragments du philosophe d'Acragas, le principe cosmique (νεῖκος) a fonctionné simultanément avec le principe chaotique (φιλότης), et l'époque de l'abaissement insensible de l'ordre des choses dans l'état chaotique n'étant pas marquée nécessairement par des catastrophes, elle a pu commencer avec les premières manifestations de la dégénérescence humaine. Dans le système de ces philosophes naturalistes, l'œuvre de la création était donc complet avec la première apparition de l'homme.

Empédocle fait dépendre tous les phénomènes de la nature du *fatum* (τυχή), doctrine qu'il a probablement puisée dans une fausse interprétation des corps organisés fossiles. Quoi qu'il en soit, on ne peut pas trouver une plus belle apothéose de son esprit tragique que la légende de sa mort, qui, sans avoir une valeur historique, prouverait, après ce que nous avons dit, qu'il s'est précipité dans le cratère de l'Étna, parce qu'il n'a pu supporter cette idée déduite de la fausse interprétation des fossiles, que la force créatrice a déjà plusieurs fois manqué de produire un ordre téléologique des choses, et que la physionomie cosmique actuelle n'est qu'un résultat du hasard.

Lassaulx, dans son *Traité de la géologie des Grecs et des Romains*, n'a pas fait une seule fois mention d'Empédocles, Gladisch, dans son opuscule *Empedokles und die Ægyptier*, et Sprengel, dans sa *Protogæa Empedoclis*, n'ont pas compris toute l'importance des passages qui se rapportent aux essais paléontologiques du philosophe d'Agrigente; il était donc né-

cessaire de réparer l'omission de l'un et de compléter ce que les autres avaient laissé à faire.

Géologie des Grecs pendant les époques alexandrine et post-alexandrine.

Ce sont surtout les phénomènes dus aux causes actuelles qui ont été observés dans ces deux périodes de l'antiquité grecque, telles que la formation des deltas, les alluvions, etc. Beaucoup d'écrivains se sont occupés de ces questions géologiques les plus simples, mais indispensables à connaître ; et l'on sait les noms des polymathes qui ont rassemblé les données relatives à cet ordre de faits, tels que Démétrius Callatianus, Démétrius de Scepsis, Callimaque (κτίσεις νησῶν), et d'autres dont les noms ne nous sont point parvenus, mais dont l'existence est affirmée par Strabon (I, 3).

Rien ne nous prouve que Démocrite d'Abdère se soit occupé, comme le pense le savant Mullach, de ces sujets dans l'ouvrage perdu qui était intitulé *Sur les Causes terrestres* : Αἴτιαι ἐπίπεδοι ; mais le IIIe chapitre du Ier livre de la *Géographie* de Strabon est un véritable traité systématique des changements produits à la surface de la terre par les causes actuelles.

Le géographe d'Amasia examine les ouvrages publiés avant lui sur ce sujet, et critique sévèrement les livres d'Ératosthène. A cette occasion il fait une digression intéressante sur la présence des coquilles marines fossiles rencontrées sur les montagnes, quelquefois à plusieurs milliers de stades de la mer, et reproche au célèbre astronome d'Alexandrie de s'être occupé de cette question en traitant de la figure de la Terre et de s'être aussi occupé de cette dernière en traitant de la géographie des continents habités.

Strabon rapporte l'opinion de Xanthus dont nous avons déjà parlé, les hypothèses de Straton de Lampsaque, d'Ératosthène, d'Hipparque, de Posidonius, et enfin émet la sienne propre.

L'hypothèse de Straton est bien connue (1). Il suppose que la Méditerranée et le Pont-Euxin étaient sans communication, l'une avec l'Atlantique par le détroit de Gadès, l'autre avec la Propontide par celui de Byzance. Suivant lui, les sédiments apportés par les fleuves déterminent, par leur accumulation au fond des mers, les changements observés dans leur niveau et occasionnent la rupture des isthmes, tels que ceux de Gadès et de Byzance. La banquette sous-marine qui existerait, entre l'Europe et l'Afrique serait la preuve de sa supposition, comme les coquilles et d'autres faits signalés autour du temple de Jupiter Ammon en Libye.

Les changements survenus dans la disposition des terres et des eaux, suivant Straton, sont bien admis par Strabon, mais celui-ci rejette l'explication de son prédécesseur. Les sédiments des rivières, au lieu de s'étendre sur tout le fond des mers, de manière à en relever le niveau, se déposent, au contraire, dans le voisinage de leur embouchure, et contribuent peu à peu à augmenter la surface des continents par la formation des deltas. Les motifs sur lesquels s'appuie le géographe d'Amasia sont judicieux et instructifs. C'est au mouvement propre de la mer, qui contribuait à sa purification et que les anciens appelaient la respiration de la mer, que Strabon attribue la cause de l'impossibilité pour les sédiments de tomber et de s'étendre sur son fond, et à cette occasion il développe sa théorie des soulèvements.

Strabon qui est vulcaniste, comme on dirait aujourd'hui, suppose que le fond des mers éprouve de temps en temps des soulèvements et des abaissements, non par suite du dépôt des sédiments apportés par les fleuves, mais occasionnés par les forces ignées qui agissent au-dessous des mers. La Sicile n'a point été séparée de Rhegium par un tremblement de terre, mais a été élevée au-dessus des eaux par les feux souterrains.

La théorie du feu central, telle que la comprenaient les anciens philosophes grecs, ne se retrouve pas dans les fragments

(1) Von Hoff et de Humboldt, *Ansichten der Natur*.

que l'on possède de la période post-alexandrine, au moins sous la forme adoptée par l'école de Pythagore. Quoique les stoïques aient accordé une grande importance à l'élément du feu, nous ne savons pas jusqu'où leur doctrine de la conflagration périodique du monde était basée sur l'observation des phénomènes volcaniques. Ils n'auraient fait que suivre, dit-on, la physique d'Héraclite d'Éphèse, comme l'affirment beaucoup de philologues ; mais il serait plus utile pour l'histoire de la science de rechercher, dans les dogmes des stoïciens, les traces de ce qu'ils ont emprunté à ceux des pythagoriciens (1).

Strabon mentionne également le soulèvement volcanique des îles de Prochyta (Procida), de Pythecoussæ (Pythécuse), de Capreæ (Caprée), de Leucosia, des Sirènes, des Énotrides (2), de l'île d'Automate (Hiéra), entre les îles de Théra et de Thérassia. Plutarque (3), Justinus (4), Orosius (5), Pline (6), en font également mention ainsi que de l'origine volcanique d'une montagne de 7 stades de hauteur, près de Méthoné, et la réunion au continent de Spina, près de Ravenna (7).

Outre les recherches et les conséquences relatives aux phénomènes volcaniques, la *Géographie* de Strabon renferme une multitude d'observations qui se rapportent à la réunion de certaines îles aux continents voisins, au mode de formation des deltas, en un mot à tous les changements de la surface de la terre dus au déplacement des eaux, tels que la submersion d'une ville phénicienne, près de Sidon, par suite d'un tremblement de terre, mentionnée par Posidonius; l'engloutissement de Sipyle et

(1) A l'égard de la doctrine stoïque de la conflagration périodique du monde, les εἱμαρμένοι χρόνοι, cf. l'ouvrage de J. Lipsius, *Physiologia stoicorum ;* Cicero, *Nat. Deor.*, III, 14; Numenius, Eusebius, *Præp. evang.*, XV, 18; Plutarque, *Moral.*, p. 881, F. 955, E. 1077, B; Aristoclès chez Euseb., *Præp. evang.*, XV, 14, p. 58; Origène *Contre Celsus*, IV, 14; D. V. 20.

(2) Strabon, VI, 1; XVII, 557, I, 3.

(3) *Moralia*, p. 399.

(4) 30, 4.

(5) VII, 6.

(6) Strabon, 3; V, 1; Cf. Dionysius Halicarnassii, I, 18; Scylax, 19.

(7) *Hist. nat.*, II, 87; et Sénèque, *Quæst. nat.*, VI, 2.

d'autres villages de la Lydie et de l'Ionie, rapporté par Démoclès; la réunion à la terre ferme par une péninsule de l'île de Pharos, de Tyre et de Clazomène, celle de l'île de Piréus ; l'isolement artificiel de Leücas; la séparation naturelle, au contraire, de Syracuse; l'abaissement de Bura et d'Hélicé à la suite de tremblements de terre; l'engloutissement d'Arnée et de Midéa par le lac Copaïs; celui de quelques villes de la Thrace par les lacs de Bistonis et d'Aphnitis; le rapprochement de la terre ferme d'Artimita et des autres îles, près de l'Achéloüs, par les dépôts de cette rivière; celui de quelques îles de l'Étolie, d'Antissa; la séparation de Lesbos, d'Ida, des îles du golfe de Naples, citées précédemment, de Misénum comme la Sicile de Rhegium, de Caprée, du promontoire d'Athènes, d'Ossa, d'Olympe ; les changements de la géographie physique des environs de Rhagæ (Ragès) en Médie, rapportés par l'historien Duris; la séparation de l'Eubée, de la Béotie; la submersion des îles Lichadiques et du promontoire Cénéum; la fente ou crevasse de l'île d'Atalante, etc.

De tous ces faits Strabon conclut que les terres actuellement habitées ont été couvertes une fois par la mer, et que le fond de celle-ci a fait partie à son tour des terres habitées (1).

Un auteur de l'époque alexandrine qui s'occupait de spéculations géologiques, le poëte Callimaque de Cyrène (275 av. J. C.), composa, dit-on, plus de 800 ouvrages : élégies, épopées, hymnes, épigrammes, etc., dont il ne nous reste que 6 hymnes et 65 épigrammes. Dans celui de ces hymnes qui est dédié à Jupiter (vers 15 à 36), il dit que ni le Ladon, ni l'Érymanthe n'existaient lors de la naissance de ce dieu; qu'alors toute l'Arcadie était desséchée; que le Carnion, l'Iaôn, le Mélas, le Crâthis, le Métopès, ne voyaient couler leurs eaux que par le choc que la déesse Rhéa imprimait au mont Ida. Dans l'hymne adressé à Apollon, le poëte mentionne les stalactiques et les stalagmites

(1) *Géographie*, I, 3, XXVII, p. 557, 41.—*Voy.* ce que nous avons dit de la description si exacte *des pierres lenticulaires*, par Strabon, Ire partie, p. 10.

de la Phrygie (vers 22-23) et les sédiments féconds de la rivière de l'Assyrie. L'hymne consacré à Diane décrit l'île volcanique de Méligounis, nommée plus tard Lipara, comme la résidence de Vulcain. Le bruit souterrain produit par ce phénomène se fit entendre dans la Trinacrie ; dans toute l'Italie, l'air retentit des secousses et des éboulements de l'Étna, et l'écho de Cyrnos (la Corse) les répéta (vers 46 à 56). Dans l'hymne à Délos, on voit que le dieu (Poséidon) a fait apparaître les îles en frappant la montagne de son trident, forgé par les Telchines. Il semble n'avoir attribué que la formation d'une partie des îles aux soulèvements volcaniques, car à l'expression ὤχλισσε il ajoute aussi εἰσεκύλισσε (vers 33). Il est probable qu'il attribue, d'un autre côté, l'origine des îles voisines des continents aux agents de déchirement.

L'île de Délos avait été nommée Astérie, parce qu'on la supposait provenant d'une étoile tombée du ciel dans la mer, mais cela bien avant le temps de Callimaque, qui n'a pu être par conséquent le premier à lui assigner cette origine. D'ailleurs la naissance des îles a toujours été un sujet traité par les Grecs avec une certaine prédilection. On en trouve, comme nous l'avons dit, des traces dans Pindare et dans un grand nombre d'autres poëtes. Callimaque lui-même en a décrit une sous le titre de Κτίσεις νησῶν. Les relations fréquentes d'îles flottantes, les Cyanées, ont certainement moins d'intérêt, de même que les plaisanteries sur des rivières très-différentes et très-éloignées les unes des autres, qui ne seraient que les prolongements souterrains d'un seul cours d'eau. Nous ne rappellerons donc pas ce qu'en avaient dit antérieurement Sophocle, Prodicus, Sotion, Plutarque et beaucoup d'autres, dont les ouvrages sont perdus.

Dans le même hymne est ce mythe de la disparition de certaines villes, îles et contrées, que nous lisons dans les hymnes d'Homère, et nous retrouvons aussi les mêmes difficultés à interpréter Callimaque, quand il dit que la rivière Phenæus est remontée vers sa source lorsque Latone chercha son lit d'accouchée.

Ailleurs, le poëte dit que toute l'Arcadie, Parthénios, certaines portions du Péloponèse voisines de l'isthme, l'Aonie, Dircée, Strophie, l'Æsope, Larisse, le Pénéias, etc., se sont retirés (φεῦγεν) devant la mère-supplice d'Apollon (Latone). Serait-ce une allégorie ou une allusion à quelques changements dans les caractères physiques du pays ? Ou ne serait-ce qu'une pure fantaisie émise sans que le poëte ait prétendu ôter aux divinités des fleuves, des montagnes et des villes, des représentations figurées ou prosopopées, que les Grecs leur assignaient si volontiers (vers 70 à 150) ?

Les phénomènes volcaniques de l'Étna sont attribués aux mouvements du géant Briarée qui s'y trouve enseveli, bien que le livre de pseudo-Aristote, intitulé Περὶ κόσμου (*Sur l'Univers*), ait déjà donné aux volcans, dont l'origine était connue, l'épithète employée par des géologues de nos jours, celle d'évents ou de soupapes de la terre. Quant aux 120 livres de l'*Encyclopédie* de Callimaque, on doit regretter qu'il ne nous en soit rien parvenu.

Beaucoup de passages des auteurs prouvent qu'on a observé, dans les périodes qui nous occupent, la présence des fossiles dans les couches de la terre ; mais on n'y trouve comme vues théoriques rien qui ressemble à celles d'Empédocle. L'hypothèse de Théophraste et de Polybe est sans aucune valeur. Dans le traité de minéralogie intitulé Περὶ λίθων, le naturaliste d'Eresus attribue l'ivoire fossile à une force plastique de l'intérieur de la terre, et dans son curieux opuscule intitulé Περὶ τῶν ἰχθύων τῶν ἐν τῷ ξηρῷ διαμενόντων (1), il suppose que les poissons fossiles d'Héraclée (Pont), de la Paphlagonie, de la Gaule narbonnaise ne sont que des individus des espèces actuelles, vivant dans l'intérieur de la terre, et provenant soit d'œufs qui y auraient été laissés, soit par suite de métamorphoses en types terrestres de ceux qui seraient venus originairement de la mer ou des fleuves voisins pour s'introduire entre les couches.

(1) Cf. 8, p. 828, Schneider ; Cf. Pseudo-Aristote, *De Mirab. Auscult.*, 73, 74 ; Athénée, *Deipn.*, VIII, 2 ; Pline, *Hist. Nat*, IX, 57.

Théophraste parle aussi des pierres trouvées près de Munda en Espagne, et qui présentaient des empreintes de palmiers, puis des impressions noires dans le marbre de Ténare, de la canne de l'Inde fossile (ὁ Ἰνδικός κάλαμος ἀπολελιθωμένος; et il ajoute à cette occasion : ταῦτα μὲν οὖν ἄλλης σκέψεως). Il voulait probablement faire allusion à l'ouvrage intitulé, suivant Diogène Laërce : Περὶ λιθουμένων. Enfin il mentionne, dans le livre intitulé : Περὶ φυτῶν ἱστορία (IV, c. VII), des plantes fossiles trouvées au delà de Gadès (καὶ τὰ ἀπολιθούμενα ταῦτα, οἷον θῦμα, καὶ τὰ δαφνοειδῆ καὶ τὰ ἄλλα), et plusieurs espèces de charbon de terre dans la Ligurie, l'Élide, etc., sans que nulle part on n'aperçoive d'opinion émise sur son origine.

Quant aux poissons fossiles, Polybe a admis la même hypothèse fabuleuse (ἰχθυὲς ὀρυκτοί, ou ὀρυκτοὶ κεστρεῖς), et Strabon les a mentionnés comme Athénée (1).

Quelques ossements fossiles, provenant de grands mammifères probablement quaternaires, étaient pris alors, comme par les observateurs de la période pré-alexandrine, pour des restes de géants. Pline, Aulu-Gelle, Solinus, Pausanias, Phlégon parlent des énormes squelettes et des sarcophages découverts par suite de tremblements de terre, ou résultant de fouilles exécutées sur divers points de la Grèce, de l'Asie Mineure et contenant des ossements. Pline (VII, 16, 74) parle d'un squelette de 46 aunes trouvé à l'intérieur d'une montagne de Crète (68 ans avant notre ère), et attribué à Orion (Solinus, I, 90); Pausanias (I, 35, 5, 6), d'un autre de 10 aunes de long, provenant de Milet et regardé comme celui d'Astérius; d'un troisième trouvé près de Téménon Thyrée, et rapporté à Géryon; d'un quatrième (VIII, 29, 3) contenu dans un sacorphage de 11 aunes de long, et qui serait celui de l'Indien Oronte; d'un cinquième conservé dans le temple d'Artémis Agrotéra, à Mégalopolis, et que la tradition attribue au géant Hoplodame.

Phlégon de Tralles (*Mirab.* 12) parle de corps gigantesques observés dans la grotte d'Artémis en Dalmatie, dont les côtes

(1) Strabon, IV, 1, 6; Athénée, VIII, 4; Polybe, XXXIV, 10.

sternales avaient 16 aunes de long, puis de la dent d'un géant, longue d'un pied, et consacrée à l'empereur Tibère (*Mirab.* 14); de grands squelettes humains recueillis à Litrée en Égypte (*Ib.*, 15, 16; Aulu-Gelle, III, 10, 11). Un sarcophage trouvé dans le voisinage d'Athènes, à l'île d'Eubée, de 100 aunes de long, renfermait un squelette de même dimension, portant pour inscription : « Je fus enseveli ici, moi, Macroséiris, après avoir vécu 5000 ans » (*Ib.*, 17). Phlégon cite également un sarcophage de 24 aunes et un autre de 32, trouvés à Carthage (*Ib.*, 18), et enfin un squelette de 24 aunes rencontré près du Bosphore cimmérien, et que les barbares avaient jeté dans le lac Méotis. (*Mirab.*, 19.)

On comprend que toutes ces relations d'os fossiles d'êtres gigantesques venaient confirmer l'idée de la dégénérescence du genre humain, et le professeur Lassaulx a même cru pouvoir supposer que les sarcophages, dont nous venons de parler, prouvaient le culte ancien dont certains grands mammifères ou de grands reptiles énaliosaures auraient été l'objet. Ce culte, méconnaissant l'origine des fossiles, aurait ainsi favorisé la croyance à l'ancienne existence des géants et des héros.

On est aussi conduit à se demander si la tradition des quatre âges de l'humanité, depuis l'âge d'or jusqu'à celui de fer qu'on trouve dans Hésiode et dans Ovide, ne remonterait pas à ce même culte des fossiles ?

La théorie du développement progressif des êtres organisés dans le temps a continué d'être enseignée comme avant l'époque d'Alexandre. Lucrèce, en reproduisant les préceptes de plusieurs sectes de la Grèce ancienne, nous en a transmis quelques parties (1).

(1) *Voy.* Lucrèce, *de Rerum Natura;* Horace, *Satyre*, I, 3, 99, cité par Lyell, *Antiquity of Man*, p, 379. — Zénon, Cléanthe, Chrysippe, les chefs de l'école stoïque, ont professé la conflagration périodique des choses (Cf. Lassaulx, p. 34; Numenius, chez Eusèbe, *Pr. év.*., XV, 18; Plutarque, *Moral.*, p. 881, F., 955, E. 1077, B.; Aristoclès chez Eusèbe, *Pr. év.*, XV, 14; Origène *Cont. Celse*, IV, 14; V, 20; Lipsius, *Physiologia stoicorum*, II, 22 et seqq.

Les stoïques soutenaient qu'après chaque conflagration le même ordre de choses se reproduisait, et en rapport avec le même cours des astres, les formes, les mêmes relations de la vie humaine qui se reproduisaient aussi. Les mêmes nations, les mêmes villes, les mêmes guerres se reproduisaient. Athènes, Troie, comme Socrate, Platon, Achille et les Argonautes devaient revenir, et ce renouvellement de toutes choses devait se répéter dans un nombre de cycles infini (1), ce qui n'empêchait pas d'admettre le développement progressif de la vie dans chaque cycle ou période considérée en elle-même (εἱμαρμένοι χρόνοι).

Jusque dans les premiers siècles du christianisme, les Grecs ont continué à observer les fossiles. Eusèbe (*Chron. arm.*, I, p. 60), Cédrène (I, p. 27), Eustathe (*Hexaëmeron*, p. 49), en parlent d'une manière particulière. Le savant évêque de Césarée a observé lui-même les poissons fossiles du Liban, et en tire la conclusion autoptique qu'ils sont la preuve du déluge de Noé (2).

Géologie des Romains.

Les Romains passent pour avoir imité les Grecs, ce qui est vrai, non-seulement de leurs poésies, mais encore des hypo-

(1) Némèse, *de Natura hominis*, 38; Virgile, *Eclog*. IV, *Pollio*, cité par Lyell, *Principles*, p. 149; Cf. les réflexions d'Owen, *Paleontology*, p. 414.

(2) Nous serions certainèment plus instruits sur les idées géologiques des Grecs, si les œuvres des philosophes-naturalistes appelés φυσικοί ou φυσιολόγοι, celles portant le titre Περὶ φύσεως, Περὶ κοσμοῦ, Περὶ τοῦ παντὸς, les ouvrages des iatrosophistes, des périégètes, les hydrophantes, les économes, les narrateurs des *Fables merveilleuses* (θαυμάσια ἀκούσματα, ἄπιστα) étaient parvenus jusqu'à nous. Nous regrettons surtout que le livre de Théophraste sur l'Etna, Περὶ ῥύακος τοῦ ἐν Σικελίᾳ, et sur les fossiles, Περὶ λιθουμένων, soient perdus. Les ouvrages minéralogiques intitulés Περὶ λίθων n'ont eu aucun rapport avec les changements de la croûte terrestre; très-souvent ils ont eu une importance hygiénique. Quant aux causes qui ont retardé le progrès de la géologie chez les Grecs, nous renverrons le lecteur au sixième chapitre de l'ouvrage anglais de M. Schvarcz.

thèses relatives au passé de l'univers. Toutes les grandes idées se rapportant à l'histoire de la terre et des règnes organiques à sa surface ont été puisées dans les productions du génie grec. Mais, quant aux observations sur les changements modernes survenus soit dans les caractères physiques du globe, soit dans ceux des espèces animales, les résultats obtenus par les Romains semblent être beaucoup plus heureux que ceux de leurs prédécesseurs.

La quantité presque innombrable des systèmes cosmologiques de la Grèce, leur variété et leur bizarrerie, avaient produit une telle impression sur les Romains lors de leurs premières études scientifiques, que plus tard le génie latin n'osa point s'essayer à la résolution des problèmes de cette nature et surtout des questions géologiques. Mais, d'un autre côté, les observations, les faits remarquables relatifs à l'histoire de la terre, et dont la mention nous a été transmise par Pline, Sénèque, Columelle, Palladius et surtout par Marc Térence Varron, nous font vivement regretter la perte de tant d'ouvrages écrits par les Romains sur l'étude de la nature.

Nigide Figule, l'ami de Cicéron et de Pompée, a essayé d'introduire les principes de l'école de Pythagore sur le sol du Latium; Varron, dans ses livres sur l'agriculture, nous a conservé et transmis, sur la théorie de la terre, un grand nombre d'hypothèses grecques, que les naturalistes romains ont commentées et même corrigées ou modifiées d'après leurs propres observations.

Ces derniers ont porté leur attention sur les phénomènes volcaniques, et plusieurs auteurs ont écrit sur les tremblements de terre. Sénèque, qui consacre tout le VI[e] livre de ses *Questions naturelles* à cette classe de phénomènes, mentionne l'enfouissement d'Herculanum et de Pompéi, la séparation de la Sicile de l'Italie et celle de l'Europe de l'Afrique, par une action volcanique, en citant les vers (414-419) du III[e] livre de l'*Énéide;* mais il ajoute que c'est à un cataclysme ou déluge, chanté par les poëtes, que cette séparation doit être attribuée. Les Romains, en général, n'apportaient aucune vue théo-

rique ou spéculative sur cet ordre de faits ; c'est ainsi que Tacite, Suétone, Pline le Jeune, Martial, qui racontent la catastrophe de Pompéi et d'Herculanum, ne font aucune réflexion sur son origine. C'est à un historiographe qui vivait 150 ans plus tard, à Dion Cassius, que l'on en doit une description spéciale.

Ovide, dans le XVe livre des *Métamorphoses*, annonce que l'Etna cessera un jour de rejeter des laves (v. 340). Pline, dans son *Histoire naturelle*, fait connaître beaucoup de volcans et d'autres manifestations des forces internes du globe, et cela en si grand nombre, qu'il dit dans le CVII^e^ chapitre de son IIe livre : *Excedit profecto omnia miracula ullum diem fuisse quo non cuncta conflagrarent*. Néanmoins ce passage ne prouve pas encore que l'auteur ait formellement admis la théorie du feu central de l'école de Pythagore. Dans ses *Lettres*, Pline le Jeune donne une description élégante de la catastrophe de Stabia dans laquelle périt Pline l'Ancien. Ovide, comme on l'a dit cidessus, rapporte dans le XVe livre des *Métamorphoses* (v. 252 et suivants) les changements qui se sont effectués de nos jours à la surface de la terre (1). Les documents qui se rapportent à ces faits ont été rassemblés par Pline avec un soin qui surpasse peut-être celui de Strabon (2).

Les fossiles ont peu attiré l'attention des écrivains latins. Tite Live (XLII, 2) connaissait les poissons pétrifiés ; Sénèque (*Quest. nat.*, III, 16, 17), Juvénal (XIII, 65), Apulée (*de Magia*) également ; et, malgré cela, le géographe Pomponius Mela (II, 5) rejette ces citations comme reposant sur des fables. Pline (VII, 16, 74, VII, 16, 73), (XXXVI, 18), Solinus (I, 90), Aulu-Gelle (III, 10, 11), parlent d'ivoire provenant de la terre et d'ossements de grands mammifères ou de reptiles sans soup-

(1) Presque tous les manuels de géologie ont fait usage de ses vers ; Cf. Von Hoff, *Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche*, et Link, *Urwelt*, etc.

(2) *Voy.* J. Schvarcz, *On the failure of geol. attemps in Greece prior the epoch of Alexander*, p. 19-20. In-4, Londres, 1862, où l'auteur a cité tous les faits de cette nature rapportés par Pline.

conner leur véritable origine. C'est seulement Suétone qui, dans sa *Biographie d'Auguste*, comme nous l'avons déjà rappelé (1), mentionne les ossements réunis à Caprée et attribués à des géants, comme provenant au contraire de grands animaux.

Apulée de Madaure, numidien de naissance, mais de la secte platonicienne (*de Magia*, 41 p. 534), disait sous le règne d'Antonin le Pieux que les poissons fossiles trouvés sur les montagnes dans l'intérieur de la Gétulie étaient les restes du déluge de Deucalion.

Lassaulx a pensé que Tertullien (*de Pallio*, c. 2), en parlant des coquilles marines (*conchæ* et *buccinæ*) trouvées sur les montagnes et en les regardant comme des preuves du déluge, n'avait fait qu'appliquer au dogme chrétien l'idée philosophique païenne d'Apulée. C'est d'ailleurs ce qui reste encore à démontrer, car on peut se demander si les traditions juives relatives au déluge n'étaient pas elles-mêmes fondées sur quelques observations et inductions des écrivains de cette nation.

La destruction périodique de l'ordre général de la nature par suite de conflagrations ou de cataclysmes, ou alternativement par les uns et les autres, était connue de Cicéron, qui en parle dans son ouvrage *Sur la Nature des Dieux* (II, 46), mais il a relevé cette pensée de toute la force de son talent dans l'appendice au IVe liv. de *la République*, intitulé *Somnium Scipionis*, le Songe de Scipion. C'est une imitation du 3e chapitre du *Timée* de Platon. L'orateur romain y ajoute seulement cette idée que toute gloire humaine, même celle d'un Scipion (l'Africain) va s'éteindre dans le cours d'une période cosmique ou comme il l'appelle, du *Magnus annus*. Car, dit-il, tous les monuments de la célébrité, toutes les œuvres de l'homme seront détruits par les conflagrations ou les cataclysmes qui arrivent à la fin de chaque période. L'auteur termine par les conditions où se trouvent les âmes qui s'élèvent dans les régions célestes après la mort, et à cet égard s'accorde avec la fin du traité de Plutarque intitulé : *de Facie Lunæ*.

(1) Voy. *Première partie*, p. 8. — *Nota*.

L'époque des Césars montrait trop évidemment aux esprits clairvoyants une décadence à la fois dans l'ordre politique et dans l'ordre social pour que l'idée ne passât point dans les spéculations philosophiques et ne conduisît point à celle d'une destruction fatale de toutes choses ceux qui n'y auraient pas été amenés par la seule considération des fossiles.

Quelle que soit l'opinion de Philon (op. I, p. 298), de Columelle (Préf., l. I), de Pline (Epist. VI, 21), d'Orose (Préf. et II, 3; VI, 1), de l'empereur Maximin (Eusèbe, *Hist. eccl.*, IX, 7, Cf. Thémiste, V, p. 80, la *Lettre de Symmaque*, X, 61, citée par Lassaulx, p. 41), de Sidoine Apollinaire (*Epist.*, VIII, 6), de Cyprianus (*Demetrianus*, p. 217), de Jules Firmicus Maternus (*Matheseos*, III, 1), ou celle que rapportent plusieurs de ces auteurs pour en avoir entendu parler, que l'univers était déjà de leur temps devenu vieux, et qu'il touchait à sa destruction; quelle que soit l'opinion de ces hommes sur les faits géologiques, on peut être assuré que Sénèque avait des vues plus justes lorsqu'il soutenait que la conflagration générale avait pour but la destruction de l'ordre actuel de choses et l'avénement d'un autre plus perfectionné (*Quest. nat.*, III, 28), car on ne peut pas croire que cette idée d'amélioration dont il parle ne soit applicable qu'à la morale (Cf. Sénèque, *Epist.* XCI, p. 420).

J. Firmicus Maternus le Jeune est un astronome qui croit à une période cosmique de 300 000 ans, terminée alternativement par un ecpyrosis ou par un cataclysme, et il essaye de trouver une analogie entre l'état de l'univers et celui du corps humain. L'homme doit, suivant lui, posséder en soi, comme étant le dernier chaînon de la série organique, tous les types des êtres qui l'ont précédé, et il s'efforce de démontrer la nécessité d'une destruction périodique de l'univers par l'eau ou par le feu, en faisant allusion à l'analogie hypothétique de l'affaiblissement du corps humain et des remèdes qu'on y apporte. Cet auteur n'avait-il jamais ouï parler des fossiles? C'est ce que nous ne savons pas.

Dans la préface de son ouvrage sur l'agriculture, Columelle dit que la religion ne nous permet pas de supposer que la stéri-

lité de son temps soit le résultat d'une maladie, d'un amaigrissement, de la vieillesse de la terre. Ainsi cet élément de la confiance dans la Providence commence avec Columelle à entrer dans les spéculations philosophiques, élément religieux qui défend aux âmes pieuses du moyen âge toute conclusion cosmologique, géologique ou paléontologique appliquée à des bouleversements périodiques de la terre.

Outre ces données, on pourrait encore en trouver beaucoup d'autres qui ont été attribuées aux écrivains latins, et dont on a certainement exagéré l'importance ou la valeur. Ainsi, une ancienne tradition nous représente Numa comme un disciple de Pythagore, en instituant le feu du culte de Vesta, lequel serait l'emblème du feu central. Mais si ce principe s'est ainsi trouvé consacré dans les institutions civiles, comment n'en trouve-t-on aucun témoignage écrit dans les auteurs (1)?

A Rome, on célébrait le 21 août les fêtes des *Consualia* en l'honneur de Neptune Équestre; le 23, celles des *Vulcanalia* en l'honneur de Vulcain; le 25, celles des *Opeconsivia* en l'honneur de la grande mère des dieux, d'Ops Consivia, c'est-à-dire de la Terre. Tout ce qui regarde ces cérémonies se rattache à un culte mystique; or, suivant Lassaulx, la succession de ces fêtes serait une allégorie indiquant la succession stratigraphique des trois formations qui, suivant les géologues modernes, Breislak, Brocchi, Léopold de Buch et Hoffmann, se trouvent dans le bassin de Rome, les couches sédimentaires marines ou neptuniennes, celles d'origine volcanique, celles d'eau douce, fluviatiles ou saturnines; Ops Consivia étant la femme de Saturne. Le même savant bavarois a cru que les Romains, ayant obtenu quelques coupes géologiques importantes dans les travaux du port d'Ostie, dans les grands égouts ou en réglant le cours du Tibre, ont voulu désigner par ces cérémonies successives les changements apparents survenus dans l'état de la croûte extérieure de la terre.

(1) *Voy.* Niebuhr, *Röm. Gesch.*, II, p. 264; Ottfried Müller, *Hist. de la litt. grecque*, p. 295.

Mais comment Varron, le plus savant des naturalistes latins et archéologue lui-même, parlant de ces cérémonies avec beaucoup de détails dans son ouvrage *de Lingua latina*, VI, 20, 21, n'aurait-il pas su leur origine et leur sens secret?

Conclusion.

De même que nous avons vu, dans l'histoire de la paléontologie stratigraphique, que les bases essentielles de la géologie n'appartenaient exclusivement à aucun des grands esprits scientifiques des temps modernes, et qu'aucune des nations occidentales de l'Europe ne pouvait seule revendiquer le mérite de les avoir découvertes et appliquées, de même nous voyons que les idées les plus générales sur l'origine du globe et sur les phénomènes dont sa surface a été le théâtre, lorsqu'on cherche leur source, doivent remonter jusqu'aux temps les plus obscurs de l'antiquité avant d'avoir été formulées par les philosophes grecs antérieurs à Alexandre.

L'école de Pythagore professait la théorie du feu central renouvelée par Descartes et Leibnitz; les idées si exactes de Léonard de Vinci et de Bernard Palissy sur les corps organisés fossiles avaient été entrevues par plusieurs naturalistes et philosophes grecs aussi bien que les rêveries du moyen âge sur l'origine de ces mêmes corps; car les mêmes vérités et les mêmes erreurs se sont reproduites à deux mille ans d'intervalle. Le développement progressif des êtres, leur renouvellement par une cause ou par une autre, étaient encore des spéculations nées de l'observation de la nature, aussi familières aux écrivains de la Grèce qu'à ceux de Rome, et nous pourrions trouver dans l'histoire des autres sciences des faits tout aussi positifs de la profondeur de vue des anciens.

Le génie moderne n'a donc point de date précise comme on voudrait quelquefois nous le faire croire; il ne se manifeste

pas à tel ou tel moment, avec tel ou tel esprit ; il n'est, à proprement parler, que le réveil après un long sommeil de celui de l'antiquité, se dirigeant alors, avec plus de sûreté, par d'autres voies et par d'autres moyens, vers le but mieux déterminé de chacune des branches des connaissances humaines

FIN DU SUPPLÉMENT

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LA DEUXIÈME PARTIE

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE SUPPLÉMENT DE LA PREMIÈRE PARTIE

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS CITÉS

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT

P. 1.

CHAPITRE PREMIER.

PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX ANTÉRIEURS A L'ÉPOQUE ACTUELLE

P. 2.

CHAPITRE II.

DE L'ESPÈCE

P. 45

CHAPITRE III.

P. 126.

CHAPITRE IV.

ÉPOQUE MODERNE

P. 155.

CHAPITRE V.

MODE DE FORMATION DES COUCHES FOSSILIFÈRES

P. 303.

CHAPITRE VI.

ORGANISMES INFÉRIEURS

P. 350.

CHAPITRE VII.

CHAPITRE VIII.

PREUVES DE L'EXISTENCE DE L'HOMME AVANT LES TEMPS HISTORIQUES

P. 410.

CHAPITRE IX.

DE LA FOSSILISATION

P. 470.

SUPPLÉMENT DE LA PREMIÈRE PARTIE.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1

